

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2006 年 4 月 27 日 (27.04.2006)

PCT

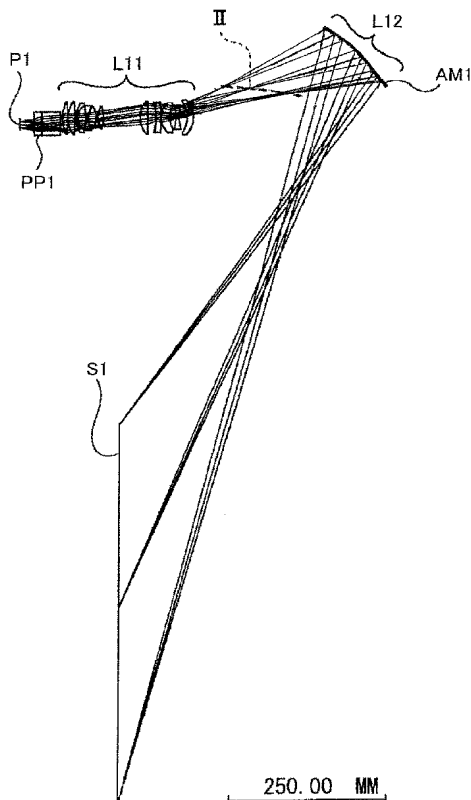
(10) 国際公開番号
WO 2006/043666 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 17/08 (2006.01) G03B 21/28 (2006.01)
G03B 21/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/019399
- (22) 国際出願日: 2005 年 10 月 21 日 (21.10.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2004-306986
2004 年 10 月 21 日 (21.10.2004) JP
特願 2005-237856 2005 年 8 月 18 日 (18.08.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 西川 純 (NISHIKAWA, Jun). 須永 敏弘 (SUNAGA, Toshihiro).
- (74) 代理人: 中村 友之 (NAKAMURA, Tomoyuki); 〒1050001 東京都港区虎ノ門 1 丁目 2 番 8 号 虎ノ門琴平タワー 三好内外特許事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

[続葉有]

(54) Title: PROJECTION OPTICAL SYSTEM AND PROJECTION TYPE IMAGE DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 投射光学系及び投射型画像表示装置



(57) Abstract: There is provided a projection optical system preferable for reducing the depth and a lower portion (or upper portion) of a screen of a rear projection television which has a low distortion, a high resolution, a reduced reflection area, and a reduced number of reflection surfaces. The projection optical system enlarges/projects from the primary image surface of the reduction side to the secondary image surface of the enlargement side. The projection optical system includes a first optical system (L11) for forming an intermediate image (position II) of the primary image surface and a second optical system (L12) having a concave reflection surface (AM1) for forming the secondary image surface by the intermediate image. The light ray passing from the center of the primary image surface to the center of the secondary image surface intersects the optical axis and is further reflected by the concave reflection surface to again intersect the optical axis and reach the secondary image surface.

(57) 要約: 低歪曲で高解像力を維持しつつ、反射面の大きさを小さくしつつ、反射面の数を削減した、例えば、リアプロジェクションテレビにおいて、その奥行を小さくし、且つ、画面の下方(又は上方)部分を小さくするのに好適な投射光学系を提供することを課題とする。縮小側の1次像面から拡大側の2次像面へ拡大投射する投射光学系であって、上記1次像面の中間像(I1の位置)を結像する第1光学系L11と、上記中間像による上記2次像面を形成させる凹面反射面AM1を有する第2光学系L12とを備え、上記1次像面の中心から上記2次像面の中心に至る光線が上記光軸を交差し、さらに上記凹面反射面で反射し、再度上記光軸と交差して上記2次像面に到達する。

WO 2006/043666 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, — 補正書
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

投射光学系及び投射型画像表示装置

技術分野

- [0001] 本発明は新規な投射光学系及び投射型画像表示装置に関する。詳しくは、低歪曲で高解像力を維持しつつ、奥行を小さくし、かつ、画面の下方(又は上方)部分を小さくする技術に関する。

背景技術

- [0002] 最近、リアプロジェクションテレビに対する需要が急速に高まって来ている。リアプロジェクションテレビは、LCD(Liquid Crystal Display)直視型テレビ、PDP(Plasma Display Panel)に代表されるフラットテレビとしての要素を持ち、且つ、それらと比較して、1インチ程度の画像表示素子を拡大投射するシステムであるため、低価格で提供することが出来る。また、BS(Broadcasting Satellite)デジタル放送、地上波デジタル放送に代表されるような、フルHD(High Definition)信号レベルの高画質化の要求に対しても、比較的容易に対応することが出来るのが主な要因である。
- [0003] その一方、光源、照明光学系、投射光学系を搭載し、大口径の背面ミラーを使用してスクリーンに投射するため、図62に示すように、光軸aが画像表示素子b及びスクリーンcの中心を通るように投射する従来の方法では、原理的に見て、奥行dと画面下方の大きさeとを同時に小さくすることは非常に困難である。
- [0004] その他にも、投射画像の大型化を達成しつつもリアプロジェクションテレビの薄型化(奥行方向の小型化)を達成するために、スクリーンに対して斜方向から投射する(以下、「斜め投射」という)光学系がある。
- [0005] 例えば、特開平5-100312号公報には、投射光学系として大画角の広角レンズを用い、投射光学系の光軸に対して、画像表示素子及びスクリーンをシフトして配置し、画角の端の部分を使用することによって斜め投射を行うものが提案されている。
- [0006] また、特開平5-80418号公報には、ライトバルブに基づく画像光を第1の投射光学系によって中間結像させ、第2の投射光学系によってスクリーンに拡大投射し、各投射光学系の光軸を適当に傾けることによって、斜め投射を行うものが提案されてい

る。また、最近では、広角化に伴う色収差の発生を抑えるために反射面を利用して斜め投射を実現した投射光学系が提案されている。

- [0007] 再公表特許WO01/006295号公報に示されている投射光学系では、主に屈折光学系gと凸面反射面fから成る光学系を用いて斜め投射を実現している。図63は再公表特許WO01/006295号公報に示されている光学系の概略を示すものである。
- [0008] また、特開2002-40326号公報では、画像表示パネルhから順に凹、凸、凸、凸の4枚の反射面i、j、k、lを用いて色収差の無い投射光学系を達成している(図64参照)。
- [0009] これら特許公報で示された光学系は、光軸に対して回転対称な構成をしており、超広角光学系の一部分を使用して斜め投射を行っている。
- [0010] 特開2001-255462号公報では、オフアキシャルな光学系を用いた斜め投射光学系が提案されている。この光学系ではオフアキシャルな光学系を用いることにより台形歪を補正し、さらに、複数の反射面m、m、...と反射面nとの間で中間像を結ぶことにより反射面の大きさを抑えた投射光学系を達成している(図65参照)。
- [0011] 再公表特許WO01/006295号公報に示された光学系のように、凸面反射面fと屈折光学系gとを組み合わせた投射光学系の場合、屈折光学系のための構成と比較して、色収差が取りやすく、且つ、広角化が容易である。その反面一つの反射面で散作用のほとんどを担うため、歪曲や像面の収差補正を適切にするには、その屈折力を有する程度小さくしなければならず、必然的に、凸面反射面fの大型化及びサグ量の増大化を招く傾向を持つ。このことは、凸面反射面の製造が困難になるだけでなく、画面下方部分(図62のe参照)が高くなり、また、リアプロジェクションテレビをこの投射光学系により構成した場合に、奥行(図62のd参照)も大きくなる。
- [0012] 特開2002-40326号公報に示された投射光学系では、屈折光学系を有しないため、原理的に色収差は発生せず、且つレンズによる吸収もないため、明るい光学系を達成することが出来る。しかしながら、反射面のみでの構成となるため、各反射面の面精度、組み立て精度に非常に敏感であり、製造コストが増大する傾向にある。また、複数の反射面i~lを縦方向に配置するため、画面下方の部分(図62のe参照)が

高くなる。さらに、薄型化をするために、投射角度をさらに大きくすると、反射面、特に、最終段の反射面1が大きくなってしまい、反射面の製造が困難になると共に、リアプロジェクションテレビをこの投射光学系により構成した場合に、画面下方の部分のさらなる大型化を招く。

[0013] 特開2001-255462号公報に記載されている投射光学系の場合、中間結像面を持つことで、広角化しつつも反射面を小さくすることが出来るという利点を持つ。その反面、反射面を偏心させることにより発生する偏心収差を残りの偏心された反射面で補正することになり、少なくとも反射面が3面以上必要となる。従って、リアプロジェクションテレビをこの投射光学系により構成した場合に、画面下方の十分な小型化を実現するにはなお制約があり、さらに、反射面は回転対称な構成ではなく、自由曲面で構成され、面精度、組み立て精度に非常に敏感で、製造が難しくコストアップにつながるという問題がある。

[0014] そこで、本発明は、上記した従来の問題点に鑑み、低歪曲で高解像力を維持し、反射面の大きさを小さくしつつ、反射面の数を削減し、例えば、リアプロジェクションテレビにおいて、その奥行を小さくし、かつ、画面の下方(又は上方)部分を小さくするために好適な投射光学系を提供することを課題とする。

発明の開示

[0015] 本発明投射光学系は、上記した課題を解決するために、縮小側の1次像面の中間像を結像する第1光学系と、上記中間像による拡大側の2次像面を形成させる凹面反射面を有する第2光学系とを備え、上記1次像面の中心から上記2次像面の中心に至る光線が上記第1光学系の光軸と交差し、さらに上記凹面反射面で反射し、再度上記光軸と交差して上記2次像面に到達するように構成したものである。

[0016] また、本発明投射型画像表示装置は、上記した課題を解決するために、光源と、上記光源から発せられた光を映像信号に基づき変調して出力する変調手段と、上記変調手段側の1次像面からスクリーン側の2次像面へ拡大投射する投射光学系とを備え、上記投射光学系は、上記1次像面の中間像を結像する第1光学系と、上記中間像による2次像面を形成させる凹面反射面を有する第2光学系とを有し、上記1次像面の中心から上記2次像面の中心に至る光線が上記第1光学系の光軸と交差し、さ

らに上記凹面反射面で反射し、再度上記光軸と交差して上記2次像面に到達するように構成したものである。

- [0017] 従って、本発明にあつては、1次像面の中心から2次像面の中心に至る光線が第1光学系の光軸を交差し、次いで凹面反射面で反射され、再度上記光軸と交差して2次像面に到達する光路を辿ることにより、例えば略水平方向に配置された第1光学系から2次像面に結像する光を第2光学系により上方へ出力させる。そして第2光学系は、第1光学系の間像上の1点から広がり小さな光束を第2次像面上の1点に収束させればよく、小型の光学部品により実現できる。また、本発明の投射光学系により投射型画像表示装置を構成した場合に、例えば、略水平方向に配置された第1光学系から2次像面に結像する光を第2光学系により上方(又は下方)へ出力させることで、従来必要とされたスクリーン下方(又は上方)に配置される光学系のスペースが大幅に減少する。
- [0018] 本発明投射光学系は、縮小側の1次像面から拡大側の2次像面へ拡大投射する投射光学系であつて、上記1次像面の間像を結像する第1光学系と、上記間像による上記2次像面を形成させる凹面反射面を有する第2光学系とを備え、上記1次像面の中心から上記2次像面の中心に至る光線が上記第1光学系の光軸を交差し、さらに上記凹面反射面で反射し、再度上記光軸と交差して上記2次像面に到達することを特徴とする。
- [0019] また、本発明投射型画像表示装置は、光源と、上記光源から発せられた光を映像信号に基づき変調して出力する変調手段と、上記変調手段側の1次像面からスクリーン側の2次像面へ拡大投射する投射光学系とを備え、上記投射光学系は、上記1次像面の間像を結像する第1光学系と、上記間像による上記2次像面を形成させる凹面反射面を有する第2光学系とを備え、上記1次像面の中心から上記2次像面の中心に至る光線が上記第1光学系の光軸を交差し、さらに上記凹面反射面で反射し、再度上記光軸と交差して上記2次像面に到達することを特徴とする。
- [0020] 従って、本発明投射光学系にあつては、1次像面の中心から2次像面の中心に至る光線が第1光学系の光軸を交差し、次いで凹面反射面で反射され、再度上記光軸と交差して2次像面に到達する光路を辿るように構成することによって、第1光学系によ

って一旦中間結像面を形成し、該中間結像面の後に凹面反射面を配置して再び第2像面に結像させるので、凹面反射面を大型化させること無しに、収差補正が良好にされ十分な光学性能を有する大型画面を形成することができる。

[0021] また、本発明投射型画像表示装置は、上記した投射光学系を使用して変調手段で形成された画像をスクリーンに投射するので、薄型化とスクリーン下方(又は上方)の小型化を達成しながら、収差補正が良好にされ十分な光学性能を有する大型の拡大画像を表示することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図1は、図2乃至図9と共に第1の実施の形態を示すものであり、本図は投射型画像表示装置に使用した投射光学系を示す概略図である。

[図2]図2は、投射光学系の拡大図である。

[図3]図3は、画像表示素子上の評価点を示す図である。

[図4]図4は、図3に示す各評価点から発した光のスクリーン上におけるスポットダイアグラムを示す図である。

[図5]図5は、スクリーン上のディストーションを示す図である。

[図6]図6は、図7乃至図9と共にリアプロジェクションテレビの構成例を光跡の一部と共に示すものであり、本図はスクリーンの背面側から見た概略斜視図である。

[図7]図7は、概略側面図である。

[図8]図8は、投射光学系を示す拡大斜視図である。

[図9]図9は、スクリーンの直前に配置したミラーからスクリーンに向かう光束の最外域光線とスクリーンとの成す角度を説明する図である。

[図10]図10は、図11乃至図18と共に第2の実施の形態を示すものであり、本図は投射型画像表示装置に使用した投射光学系を示す概略図である。

[図11]図11は、投射光学系の拡大図である。

[図12]図12は、画像表示素子上の評価点を示す図である。

[図13]図13は、図12に示す各評価点から発した光のスクリーン上におけるスポットダイアグラムを示す図である。

[図14]図14は、スクリーン上のディストーションを示す図である。

[図15]図15は、図16乃至図18と共にリアプロジェクションテレビの構成例を光跡の一部と共に示すものであり、本図はスクリーンの背面側から見た概略斜視図である。

[図16]図16は、概略側面図である。

[図17]図17は、投射光学系を示す拡大斜視図である。

[図18]図18は、スクリーンの直前に配置したミラーからスクリーンに向かう光束の最外域光線とスクリーンとの成す角度を説明する図である。

[図19]図19は、第1の実施の形態に係る投射光学系の条件式(1)の対応箇所を示す図である。

[図20]図20は、図21乃至図27と共に第3の実施の形態を示すものであり、本図は投射型画像表示装置に使用した投射光学系を示す概略図である。

[図21]図21は、投射光学系の拡大図である。

[図22]図22は、画像表示素子上の評価点を示す図である。

[図23]図23は、図22に示す各評価点から発した光のスクリーン上におけるスポットダイアグラムを示す図である。

[図24]図24は、スクリーン上のディストーションを示す図である。

[図25]図25は、図26及び図27と共にリアプロジェクションテレビの構成例を光跡の一部と共に示すものであり、本図はスクリーンの背面側から見た概略斜視図である。

[図26]図26は、概略側面図である。

[図27]図27は、投射光学系を示す拡大斜視図である。

[図28]図28は、図29乃至図35と共に第4の実施の形態を示すものであり、本図は投射型画像表示装置に使用した投射光学系を示す概略図である。

[図29]図29は、投射光学系の拡大図である。

[図30]図30は、画像表示素子上の評価点を示す図である。

[図31]図31は、図30に示す各評価点から発した光のスクリーン上におけるスポットダイアグラムを示す図である。

[図32]図32は、スクリーン上のディストーションを示す図である。

[図33]図33は、図34及び図35と共にリアプロジェクションテレビの構成例を光跡の一部と共に示すものであり、本図はスクリーンの背面側から見た概略斜視図である。

[図34]図34は、概略側面図である。

[図35]図35は、投射光学系を示す拡大斜視図である。

[図36]図36は、図37乃至図40と共に第5の実施の形態を示すものであり、本図は投射型画像表示装置に使用した投射光学系を示す概略図である。

[図37]図37は、投射光学系の拡大図である。

[図38]図38は、画像表示素子上の評価点を示す図である。

[図39]図39は、図38に示す各評価点から発した光のスクリーン上におけるスポットダイアグラムを示す図である。

[図40]図40は、スクリーン上のディストーションを示す図である。

[図41]図41は、図42乃至図45と共に第6の実施の形態を示すものであり、本図は投射型画像表示装置に使用した投射光学系を示す概略図である。

[図42]図42は、投射光学系の拡大図である。

[図43]図43は、画像表示素子上の評価点を示す図である。

[図44]図44は、図43に示す各評価点から発した光のスクリーン上におけるスポットダイアグラムを示す図である。

[図45]図45は、スクリーン上のディストーションを示す図である。

[図46]図46は、図47乃至図50と共に第7の実施の形態を示すものであり、本図は投射型画像表示装置に使用した投射光学系を示す概略図である。

[図47]図47は、投射光学系の拡大図である。

[図48]図48は、画像表示素子上の評価点を示す図である。

[図49]図49は、図48に示す各評価点から発した光のスクリーン上におけるスポットダイアグラムを示す図である。

[図50]図50は、スクリーン上のディストーションを示す図である。

[図51]図51は、図52乃至図55と共に第8の実施の形態を示すものであり、本図は投射型画像表示装置に使用した投射光学系を示す概略図である。

[図52]図52は、投射光学系の拡大図である。

[図53]図53は、画像表示素子上の評価点を示す図である。

[図54]図54は、図53に示す各評価点から発した光のスクリーン上におけるスポットダ

イアグラムを示す図である。

[図55]図55は、スクリーン上のディストーションを示す図である。

[図56]図56は、図57乃至図60と共に第9の実施の形態を示すものであり、本図は投射型画像表示装置に使用した投射光学系を示す概略図である。

[図57]図57は、投射光学系の拡大図である。

[図58]図58は、画像表示素子上の評価点を示す図である。

[図59]図59は、図58示す各評価点から発した光のスクリーン上におけるスポットダイアグラムを示す図である。

[図60]図60は、スクリーン上のディストーションを示す図である。

[図61]図61は、第4の実施の形態に係る投射光学系の条件式(1)の対応箇所を示す図である。

[図62]図62は、従来のリアプロジェクションテレビの一般的な構造の概略を示す図である。

[図63]図63は、再公表特許WO01/006295号公報に示された投射光学系の概略を示す図である。

[図64]図64は、特開2002-40326号公報に示された投射光学系の概略を示す図である。

[図65]図65は、特開2001-255462号公報に示された投射光学系の概略を示す図である。

[図66]図66は、特開2005-84576号公報に示された投射光学系の概略を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0023] 以下に、本発明投射光学系及び投射型画像表示装置を実施するための最良の形態について添付図面を参照して説明する(投射光学系については図19、図21および図61を、投射型画像表示装置については図7および図8を参照)。

[0024] 本発明投射光学系は、縮小側の1次像面から拡大側の2次像面へ拡大投射する投射光学系であって、上記1次像面の中間像を結像させる凹面反射面を有する第1光学系と、上記中間像による上記2次像面を形成する第2光学系とを備え、上記1次像

面の中心から上記2次像面の中心に至る光線が上記光軸を交差し、さらに上記凹面反射面で反射し、再度上記光軸と交差して上記2次像面に到達する。結像関係を要約すれば、第1光学系によって1次像面の中間像が形成され、そのあと凹面反射面により収斂光になり瞳を形成して2次像面として結像する構成をとっている。上記第1光学系による中間像は倍率が低く、第2光学系によって拡大され所定の倍率で2次像面として結像する。

- [0025] 再公表特許WO01/006295号公報に記載された光学系のように、凸面反射面に像を拡大する効果を持たせた場合、凸面反射面の曲率を小さくすると光線がけられてしまって、1枚の凸面反射面のみでは拡大率を大きくすることができず、また、凸面反射面の曲率を大きくすると、収差補正が困難になり、十分な光学性能を得ることができない。これを避けるため、複数の凸面反射面を使用してパワーの分散を行って個々の凸面反射面の曲率を小さくすると、複数の凸面反射面の配置のための所要スペースによってさらに光学系が大きくなってしまう。
- [0026] それに対し、凹面反射面であれば、曲率を小さくしても光線がけられにくい。凸面反射面と凹面反射面の画角を広げる効果は、瞳位置の前後によって異なり、以下のようになる。
- [0027] (A) 瞳位置と結像位置(2次像面の位置)の間では凸面反射面が画角を広げる効果を持つ。
- [0028] (B) 結像位置(中間像の位置)と瞳位置の間では凹面反射面が画角を広げる効果を持つ。
- [0029] しかしながら、凹面反射面を使用した場合であっても、瞳位置から2次像面までの間に光学面が多いと、それら光学面は凹面反射面によって広がった光線を受光しなければならないので、それら光学面による光学系が大きくなってしまう。そのために、凹面反射面は2次像面側に配置する必要がある。そのために、本発明投射光学系にあっては、第1光学系により中間像を一旦形成し、そのあとに凹面反射面を配置し、再び2次像面として結像させるようにしている。また、この凹面反射面の直後に瞳を形成する構成となるように、凹面反射鏡を適切な位置に配置することで凹面反射面が大型化するのを防いでいる。

- [0030] 本発明投射光学系にあつて、第1光学系及び第2光学系を構成する各面を共通の光軸を中心とした回転対称面で構成することが好ましく、これによって、自由曲面や、オフアキシアルな面で構成する場合に比較して、各構成面の形成が容易であり、製造コストの低減に寄与し、且つ、各構成面の面精度も高くすることができ、その結果、優れた光学性能を出しやすくなる。
- [0031] また、第2光学系を1面の凹面反射面のみによって構成すれば、構成部品の数を少なくして省スペース化、低コスト化が促進される。なお、さらなる良好な収差補正を目的として凹面反射面の前後に凹又は凸の反射面を介挿することも可能である。
- [0032] 第1光学系によって、中間像が第2光学系の凹面反射面より1次像面側に結像されるようにすることによって、凹面反射面の大型化を防ぎつつ、収差補正が良好にされ十分な光学性能を有する大型の2次像面を形成することができる。ここで、注意しなければならないのは、第1光学系で中間像を形成するときに1次像面から中間像までの距離が長くなってしまいがちである。この距離が長い場合、光学系も大きくなってしまふので第1光学系から中間像までの距離を抑えることが必要になる。目安として第1光学系の長さを L_s 、上記第1光学系から上記中間像までの距離を S_i とすると以下の条件式(1)を満たしていることが望ましい。
- [0033] (1) $S_i / L_s < 2$
- 上記条件式(1)の左辺が2以上であると、1次像面から第2光学系までの距離が長くなってしまい、途中、平面ミラーで折り曲げても光学系は小さくならない。
- [0034] そして、本発明投射光学系にあつては、凹面反射面と2次像面との間に瞳を構成することにより光路の引き回しを効率よく行っている。そのためには凹面の焦点距離 $|R|/2$ が第1光学系の最終面から前記凹面反射面までの光軸に沿った距離 S_{12} に対して、以下の条件式(2)のように小さくなければならない。
- [0035] (2) $S_{12} > |R|/2$
- また、凹面反射面の1次像面又は2次像面に反射面を有する光学系の場合には、その凹面反射面から前後の反射面までの光軸に沿った距離 SR_{12} に対して、以下の条件式(3)のように小さくなければならない。
- [0036] (3) $SR_{12} > |R|/2$

本発明投射光学系を、2次像面を形成するスクリーンの下側に配置した場合、光軸に近い光線はスクリーン上で下側に到達し、光軸から離れるに従ってスクリーン上の上部に到達する。つまり、光軸側の光線は結像位置が近く、光軸から離れるに従って結像位置が遠くなる。従って、スクリーン上に像面の湾曲を生じることなく結像させるためには、凹面反射面の近軸の曲率に対して、光軸から離れるに従って曲率が小さくなるように構成する必要がある。すなわち、円錐定数 $K \leq -1$ の領域となることが必要である。特に、放物面($K = -1$)、双曲線($K < -1$)付近であることが望ましい。

[0037] また、本発明投射光学系においては、回転対称非球面を使用することが効果的である。特に、像面湾曲を適切にコントロールできる。これにより、レンズ枚数の低減、小F値化(小開口数可)も可能になり、低コスト、高画質の投射光学系を実現することができる。

[0038] そして、その回転対称非球面の形状は以下の数1式によって定義されるものとする。

[数1]

$$Z = (h^2/r)/[1 + \sqrt{1 - (1+K)h^2/r^2}] + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + A_8 \cdot h^8 + \dots$$

[0039] ここで、

Z: 非球面のサグ量

h: 光軸に対して垂直な高さ

r: 近軸の曲率半径

K: 円錐定数

A_i: i次の非球面係数

とする。

[0040] また、本発明投射光学系においては、奇数次の非球面係数を含む回転対称非球面を使用することが効果的である場合がある。その場合の回転対称非球面の形状は

以下の数2式によって定義されるものとする。

[数2]

$$Z = (h^2/r)/[1 + \sqrt{1 - (1+K)h^2/r^2}] + A1 \cdot h + A2 \cdot h^2 + A3 \cdot h^3 + A4 \cdot h^4 \\ + A5 \cdot h^5 + A6 \cdot h^6 + A7 \cdot h^7 + A8 \cdot h^8 + A9 \cdot h^9 + \dots$$

- [0041] 上記数2式に示されるように、光軸からの距離 h の奇数次の項が存在することにより、偶数次の収差が発生するため、例えば、 h^3 の項を有する場合、2次の像面湾曲、歪曲収差が発生する。従って、凹面反射面に非球面係数を適切に与えることで、上記数1式による非球面を有する場合よりも歪曲収差を適切にコントロールすることができる。
- [0042] 本発明投射型画像表示装置は、光源と、上記光源から発せられた光を映像信号に基づき変調して出力する変調手段と、上記変調手段側の1次像面からスクリーン側の2次像面へ拡大投射する投射光学系とを備え、上記投射光学系は、上記1次像面の中間像を結像する第1光学系と、上記中間像による上記2次像面を形成させる凹面反射面を有する第2光学系とを備え、上記1次像面の中心から上記2次像面の中心に至る光線が上記第1光学系の光軸を交差し、さらに上記凹面反射面で反射し、再度上記光軸と交差して上記2次像面に到達するようにしたものである。
- [0043] 従って、本発明投射型画像表示装置は、上記した本発明投射光学系を使用して変調手段で形成された画像をスクリーンに投射するので、薄型化とスクリーン下方(又は上方)の小型化を達成しながら、収差補正が良好にされ十分な光学性能を有する大型の拡大画像を表示することができる。
- [0044] 透過型スクリーンを使用し、該スクリーンが前面に配置されたキャビネットに、光源、変調手段及び投射光学系を内蔵し、投射光学系により透過型スクリーンに背面から拡大投射するように構成することによって、薄型の液晶パネルやPDPを使用したフラットテレビと同様の外観を呈するリアプロジェクションテレビを構成することができる。
- [0045] 投射光学系を上記キャビネットの下部に設け、キャビネットの上部に配置され、上記

投射光学系から出力された光を反射して上記透過型スクリーンに至るように偏向する平面ミラーを備えれば、さらなる薄型化が可能になる。

- [0046] 上記中間像の上記2次像面に対する上記第2光学系による瞳が、上記平面ミラーから上記透過型スクリーン面に至る光束の外側に形成されるようにすることによって、キャビネット内における光路の這い回しの自由度が増大すると共に、第2光学系と2次像面との間で最も光束が絞られる箇所である瞳位置において開口を有する遮蔽部を設けることが可能になり、投射光学系の防塵対策や外光対策を採り易くなる。
- [0047] 1次像面の中心から2次像面の中心に至る光線は上記光軸と垂直面内にて交差し、上記第1光学系と上記第2光学系との間に上記光線を反射して水平面内にて偏向させる反射手段を備えることによって、第1光学系を構成する光学部材の光軸をスクリーン面と平行に配置することができ、奥行方向のさらなる小型化、すなわち、薄型化が可能である。
- [0048] ところで、特開2005-84576号公報に記載されている投射型画像表示装置(図6参照)では、スクリーンoに対し最外域光pがほぼ並行に反射するように平面ミラーqを配置し、かつ、その平面ミラーqの反対側(平面ミラーqが上側で有れば下側)に投射光学系rを配置することで、奥行きを小さく(薄型化)し、かつ、スクリーンoの下方(又は上方)を小さくしている。
- [0049] しかしながら、この特開2005-84576号公報に記載されている投射型画像表示装置は、スクリーンoに対して最外域光線が、ほぼ並行に反射するように、平面ミラーqを配置し、かつ、その平面ミラーqに対し反対側に投射光学系rを配置することで、奥行きを薄くし、かつ、画面下方(又は上方)を小さくしている。この投射型画像表示装置の場合、画面下方(又は上方)を小さくしたまま、さらなる薄型化を図ろうとする場合、最外域光線pのスクリーンoに対する角度をある程度大きくする必要がある。従って、特開2005-84576号公報に示されているような投射光学系では、曲面反射面が多いので、光路折曲の自由度が減り、投射光学系の奥行き方向を小さくすることができないため、さらなる薄型化が困難となる。
- [0050] 本発明の投射型画像表示装置においては、上記凹面反射面で反射された後の光路を所望に引き回すための少なくとも一面の平面反射面を設け、上記スクリーンの直

前に位置した平面反射面からスクリーンに向かう光線のうち上記スクリーンから最も離れた位置を通る最外域光線と上記スクリーンとの成す角度を θ として、

条件式(4) $0.6 > \tan \theta > 0.05$ を満足することによって、さらなる薄型化が可能になる。

[0051] 以下に、本発明投射光学系及び投射型画像表示装置の実施形態及び数値実施例を図及び表を使用して説明する。

[0052] (第1の実施の形態)

図1は本発明の第1の実施の形態にかかる投射光学系を用いたプロジェクタ(投射型画像表示装置)の光学全系の概略を示す図である。また、図2には、投射光学系を拡大して示している。

[0053] この第1の実施の形態を示す図において、P1は変調手段としての画像表示素子であり、該画像表示素子P1にて図示しない光源から発せられた光が映像信号に基づいて変調されて1次像面が形成される。上記画像表示素子P1としては、反射型あるいは透過型のドットマトリックス液晶パネルやデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)等を用いることができる。また、図中のPP1は偏光ビームスプリッタ(PBS)や4Pプリズム、TIR(Total Internal Reflector)プリズム等を示している。STOPは絞りを示している。なお、プロジェクタには画像表示素子P1を照明する照明光学系が必要であるが図1、図2及びその他の第1の実施の形態を示す図では照明光学系を省略している。

[0054] L11は屈折光学素子から成る第1光学系、L12は凹面反射面AM1から成る第2光学系である。この第1光学系L11及び第2光学系L12から成る投射光学系により、画像表示素子P1によって画像変調された光(1次像面)をスクリーンS1に導光し、スクリーンS1上に画像(2次像面)を形成する。すなわち、第1光学系L11によって図2中IIの位置に中間結像をする。そのあと第2光学系L12の凹面反射面AM1で反射されたあと、瞳の像を形成してスクリーンS1上に結像する。図2に示すように、この投射光学系のそれぞれの光学面は光軸AXIS1に対して回転対称な形状を有している。なお、図2において、第2光学系L12の凹面反射面AM1のうち使用しない部分、従って、除去されている部分を破線にて示してある。

[0055] 表1にこの第1の実施の形態にかかる投射光学系に具体的数値を適用した数値実

施例1のデータを示す。なお、以下の各表において、面番号は1次像面（表示素子側）側から2次像面（投射画像面）側へ1、2、3、・・・と増大するように付され、絞りには面番号は与えていない。また、曲率半径の列で「INF」は当該面が平面であることを示し、屈折率及びアッベ数は、当該面を1次像面側に有する硝材のそれであり、かつ、e線(546. 1nm)での数値である。さらに、インチサイズは投射画像面の対角線の大きさを示し、非球面係数を示す「E」は10を底とする指数表現を意味している。

[表1]

スクリーン対角 : 52.7インチ
表示素子面側開口数 : 0.204

面番号		曲率半径	間隔	硝材(e線の屈折率/アッパ 数)
表示素子面		INF	22.100	
1		INF	12.000	1.83962/42.8
2		INF	27.300	1.51872/64.0
3		INF	6.050	
4		81.82639	6.359	1.48914/70.2
5		-1254.73767	0.300	
6		43.89754	11.831	1.48914/70.2
7		-198.97423	0.200	
8		43.61635	2.303	1.83930/37.1
9		25.81806	12.032	1.48914/70.2
10		-131.45439	1.656	
11		-61.19711	1.947	1.81184/33.0
12		30.63239	11.922	1.49845/81.2
13		-31.42185	0.200	
14		-32.45023	1.725	1.81184/33.0
15		36.45838	8.480	1.85505/23.6
16		-58.84008	17.579	
絞り		INF	47.218	
17		43.97454	10.553	1.57125/55.8
18		-1904.72192	12.159	
19	非球面	-1403.57952	7.000	1.49357/57.8
20	非球面	135.84325	0.300	
21		32.78514	12.508	1.58913/61.3
22		44.75799	9.839	
23		-56.04514	2.033	1.83930/37.1
24		43.91998	22.513	
25		-49.88309	9.344	1.49357/57.8
26	非球面	-40.64674	320.000	
27	非球面	-85.89587	-439.276	反射面
投影画像面		INF		

S19	K	2679.3838430				
	A4	-1.27105E-05	A6	1.10518E-08	A8	-4.79662E-12
S20	K	-65.0537440				
	A4	-1.04155E-05	A6	9.26604E-09	A8	-5.80805E-12
S26	K	-1.1618060				
	A4	-1.08919E-08	A6	-9.68945E-10	A8	6.42182E-13
S27	K	-2.6454840				
	A4	-1.17532E-07	A6	6.31776E-12	A8	-2.93186E-16
	A12	-1.55073E-25	A14	1.18177E-30	A10	8.80773E-21

[0056] 数値実施例1では、画像表示素子P1は、アスペクト比は16:9、画素数は1920×1080、大きさは0.61インチであり、52.7インチに拡大投影されており、物体側の開

口数は0.204(Fナンバー2.5に対応)である。画素サイズは画像表示素子P1上で約 $7\mu\text{m}$ 、スクリーンS1上で約0.608mmになる。

[0057] 数値実施例1の投射光学系のスポットダイアグラムを図4に、ディストーションを図5に示す。スポットダイアグラムに示している(1)から(15)の画角は画像表示素子P1上で図3に示す(1)から(15)の各位置から発している。また、参照波長は656.28nm、620.0nm、546.07nm、460.0nm、435.84nmとし、それぞれのウェイトを2、2、3、2、1としている。図4のスケールはスクリーンS1上での1画素の2倍の長さである。図4に示すとおり十分な結像性能が得られている。また、図5に示すとおり目立った画像のゆがみは見られず十分な性能が得られている。

[0058] この数値実施例1にかかる投射光学系をリアプロジェクションテレビのキャビネットCAB1の内部に配置するには図6及び図7に示すように、光路を平面ミラーMM11、MM12、MM13で折り返してコンパクトにする必要がある。図6及び図7は投射光学系とスクリーンS1との間に平面ミラーMM13、第1光学系L11と第2光学系L12との間に平面ミラーMM11、MM12を配置して光路をうまく折り曲げた構成を示している。平面ミラーMM11、MM12は、1次像面の中心から2次像面の中心に向う光線が垂直面内にて光軸と交差する場合に、第1光学系と第2光学系の上記凹面反射面AM1との間で光線を反射して水平面内に偏向する。また、例えば、投射光学系をキャビネットの下部に配置した場合に、平面ミラーMM13はキャビネットCAB1の上部に配置され、投射光学系から出力された光を反射してスクリーンS1に至るように偏向する。

[0059] 図7は側方から見た図であり、図9に示すように、最外域光線とスクリーンのなす角 θ を8.4度程度になるように、適切に平面ミラーMM13で光路を折り曲げることにより装置の厚みが200mm以下の厚みとなり、画面下方部分も小さくすることが出来る。

[0060] また、図8は図6及び図7中の投射光学系の部分を拡大して示している。

[0061] この第1の実施の形態にかかる投射型画像表示装置では平面ミラーMM11、MM12、MM13を用いて光路を折り曲げることにより装置のコンパクト化を達成しているが、光路を折り曲げる方法は上記した方法に限るものではない。例えば、第1光学系L11内に平面ミラーを配置してもよいし、平面ミラーMM13と凹面反射面AM1との

間に別の平面ミラーを配置する構成とすることも可能である。

- [0062] また、第1光学系L11の中間像をスクリーンS1に結像させる第2光学系L12による瞳AP1(すなわち光束が収斂している部分)が平面ミラーMM13からスクリーンS1の全面に至る光束の外側に形成されている。このように投射光学系を配置することにより、第2光学系L12から平面ミラーMM13に向かう光束と、平面ミラーMM13からスクリーンS1の全面に至る光束との間にスクリーンS1に向かう光束を略最小の開口TO1で通過させるように遮蔽箱PBを設けることができる。そして、この遮蔽箱PB1により、投射される映像光を遮ることなく投射光学系(すなわち第1光学系L11及び第2光学系L12)を埃の付着から保護することができる。また、遮蔽箱PB1はスクリーンS1よりキャビネット内部に入射する外光を遮蔽し、その外光が、例えば、第2光学系L12の凹面反射面AM1等で反射して迷光となり、スクリーンS1に投射された映像のコントラストを劣化させることを防止することができる。

- [0063] (第2の実施の形態)

図10は本発明の第2の実施の形態にかかる投射光学系を用いたプロジェクタ(投射型画像表示装置)の光学全系の概略を示す図である。また、図11には、投射光学系を拡大して示している。

- [0064] この第2の実施の形態を示す図において、P2は変調手段としての画像表示素子であり、該画像表示素子P2にて図示しない光源から発せられた光が映像信号に基づいて変調されて1次像面が形成される。上記画像表示素子P2としては、反射型あるいは透過型のドットマトリックス液晶パネルやデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)等を用いることができる。また、図中のPP2は偏光ビームスプリッタ(PBS)や4Pプリズム、TIR(Total Internal Reflector)プリズム等を示している。STOPは絞りを示している。なお、プロジェクタには画像表示素子P2を照明する照明光学系が必要であるが図10、図11及びその他の第2の実施の形態を示す図では照明光学系を省略している。

- [0065] L21は屈折光学素子から成る第1光学系、L22は凹面反射面AM2から成る第2光学系である。この第1光学系L21及び第2光学系L22から成る投射光学系により、画像表示素子P2によって画像変調された光(1次像面)をスクリーンS2に導光し、スクリーンS2に結像させることができる。

ーンS2上に画像(2次像面)を形成する。すなわち、第1光学系L21によって図10及び図11中IIの位置に中間結像をする。そのあと第2光学系L22の反射面AM2で反射されたあと、瞳の像を形成してスクリーンS2上に結像する。図11に示すように、この投射光学系のそれぞれの光学面は光軸AXIS2に対して回転対称な形状を有している。なお、図11において、第2光学系L22の反射面AM2のうち使用しない部分、従って、除去されている部分を破線にて示してある。

[0066] 表2にこの第2の実施の形態にかかる投射光学系に具体的数値を適用した数値実施例2のデータを示す。

[表2]

スクリーン対角 : 67.9インチ
表示素子面側開口数 : 0.204

面番号		曲率半径	間隔	硝材 (e線の屈折率/7γ ² 数)
表示素子面		INF	22.100	
1		INF	12.000	1.83962/42.8
2		INF	27.300	1.51872/64.0
3		INF	6.050	
4		48.02646	12.579	1.48914/70.2
5		-149.37820	0.300	
6		470.90347	4.869	1.48914/70.2
7		-141.59099	2.024	
8		51.42610	8.429	1.49845/81.2
9		-121.51292	1.377	
10		-70.77524	2.158	1.81184/33.0
11		31.36886	12.970	1.49845/81.2
12		-34.28097	0.200	
13		-34.24547	1.872	1.81184/33.0
14		39.69278	8.724	1.85505/23.6
15		-67.65941	22.810	
絞り		INF	47.690	
16		41.92112	11.966	1.48914/70.2
17		-287.76955	7.924	
18	非球面	1611.33087	7.000	1.49357/57.8
19	非球面	118.54047	0.300	
20		32.60197	14.000	1.48914/70.2
21		41.37986	10.096	
22		-50.40323	2.005	1.77621/49.4
23		44.94476	20.707	
24		-52.51332	10.000	1.49357/57.8
25	非球面	-42.31242	325.000	
26	非球面	-87.00193	-547.789	反射面
投射画像面		INF	0.000	

S18	K	-51177.61327				
	A4	-1.27130E-05	A6	9.95420E-09	A8	-3.65754E-12
S19	K	-69.92292				
	A4	-9.59429E-06	A6	7.57585E-09	A8	-3.71822E-12
S25	K	-1.018512				
	A4	-8.25367E-07	A6	-1.07783E-09	A8	5.13364E-13
S26	K	-2.619353				
	A4	-1.08108E-07	A6	5.56005E-12	A8	-2.48459E-16
	A12	-1.22716E-25	A14	9.07427E-31	A10	7.20728E-21

[0067] 画像表示素子P2は、アスペクト比は16:9、画素数は1920×1080、大きさは0.61インチであり、67.9インチに拡大投影されており、物体側の開口数は0.204(Fナ

ンバー2. 5に対応)である。画素サイズは画像表示素子P2上で約 $7\mu\text{m}$ 、スクリーンS2上で約0. 783mmになる。

[0068] 数値実施例2のスポットダイアグラムを図13に、ディストーションを図14に示す。スポットダイアグラムに示している(1)から(15)の画角は画像表示素子P2上で図12に示す(1)から(15)の各位置から発している。また、参照波長は656. 28nm、620. 0 nm、546. 07nm、460. 0nm、435. 84nmとし、それぞれのウェイトと2、2、3、2、1としている。図13のスケールはスクリーンS2上での1画素の2倍の長さである。図13に示すとおり十分な結像性能が得られている。また、図14に示すとおり目立った画像のゆがみは見られず十分な性能が得られている。

[0069] この数値実施例2にかかる投射光学系をリアプロジェクションテレビのキャビネットC AB2の内部に配置するには図15及び図16に示すように、光路を平面ミラーMM21、MM22、MM23で折り返してコンパクトにする必要がある。図15及び図16は投射光学系とスクリーンS2との間に平面ミラーMM23、第1光学系L21と第2光学系L22との間に平面ミラーMM21、MM22を配置して光路をうまく折り曲げた構成を示している。

[0070] 図16は側方から見た図であり、図18のように、最外域光線とスクリーンのなす角 θ を9. 8度程度になるように、適切に平面ミラーMM23で光路を折り曲げることにより装置の厚みが250mm以下の厚みとなり、画面下方部分も小さくすることが出来る。そして、この最外域光線とスクリーンのなす角 θ は、2. 9度から31. 0度の範囲、すなわち、 $\tan \theta$ が0. 05から0. 6の範囲であることが好適である。

[0071] また、図17は図15及び図16中の投射光学系の部分を拡大して示している。

[0072] この第2の実施の形態にかかる投射型画像表示装置では平面ミラーMM21、MM22、MM23を用いて光路を折り曲げることにより装置のコンパクト化を達成しているが、光路を折り曲げる方法は上記した方法に限るものではない。例えば、第1光学系L21内に平面ミラーを配置してもよいし、平面ミラーMM23と凹面反射面AM2との間に別の平面ミラーを配置する構成とすることも可能である。

[0073] なお、この第2の実施の形態においても、第2光学系L22による瞳の位置が平面ミラーMM23からスクリーンS2へ向かう光束の最外域光線の外側に位置し、投射光学

系から平面ミラーMM23へ向かう光束と平面ミラーMM23からスクリーンS2へ向かう光束とが互いに干渉することがなく、かつ、上記瞳の位置で光束が絞られているので、上記第1の実施の形態において説明したような遮蔽手段を採ることができることは勿論である。

[0074] 表3に上記数値実施例1及び数値実施例2の条件式(1)、(2)対応値を示す。

[表3]

●条件式関連データ

	数値実施例1	数値実施例2	備考
Si1	185	190	第1光学系最終面から図3あるいは図12の①の中間像面までの距離
Si2	102	106	第1光学系最終面から図3あるいは図12の⑦の中間像面までの距離
Si3	38	41	第1光学系最終面から図3あるいは図12の⑬の中間像面までの距離
Ls	210	210	第1光学系の全長
R	-85.896	-87.002	凹面反射面の近軸曲率

●条件式関連データ

	数値実施例1	数値実施例2	備考
K	-2.645	-2.619	凹面反射面の円錐定数
Si1/Ls	0.88	0.90	Si/Ls<2
Si2/Ls	0.49	0.50	Si/Ls<2
Si3/Ls	0.18	0.20	Si/Ls<2
R /2	42.948	43.501	S12> R /2
S12	320	325	

- [0075] 上記各数値実施例1、2の何れも条件式(1)、(2)を満足していることが分かる。
- [0076] 図19は上記実施の形態1における第1光学系L11の中間像位置を示している。図

中Si1、Si2、Si3はスクリーン上で最下部、中央、最上部の画角の中間像位置から第1光学系L11までの距離を表している。図3でいうと(1)、(7)、(13)の各ポイントとなる。それぞれ、 $Si1 \div 185mm$ 、 $Si2 \div 102mm$ 、 $Si3 \div 38mm$ である。第1光学系L11の長さ Ls は210mmなので条件式(1)を満足している。そして、上記数値実施例1、2の何れもこの条件式(2)を満足している(表3参照)。

[0077] (第3の実施の形態)

図20は本発明の第3の実施の形態にかかる投射光学系を用いたプロジェクタ(投射型画像表示装置)の光学全系の概略を示す図である。また、図21には、投射光学系を拡大して示している。

[0078] この第3の実施の形態を示す図において、P3は変調手段としての画像表示素子であり、該画像表示素子P3にて図示しない光源から発せられた光が映像信号に基づいて変調されて1次像面が形成される。上記画像表示素子P3としては、反射型あるいは透過型のドットマトリックス液晶パネルやデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)等を用いることができる。また、図中のPP3は偏光ビームスプリッタ(PBS)やダイクロイックプリズム、TIR(Total Internal Reflector)プリズム等を示している。STOPは絞りを示している。なお、プロジェクタには画像表示素子P3を照明する照明光学系が必要であるが図20、図21及びその他の第3の実施の形態を示す図では照明光学系を省略している。

[0079] L31は屈折光学素子から成る第1光学系、L32は反射面R31、R32から成る第2光学系である。この場合、画像表示素子P3からの光線の経路の順にR31が1次像面側の凸面反射面、R32が凹面反射面である。この第1光学系L31及び第2光学系L32から成る投射光学系により、画像表示素子P3によって画像変調された光(1次像面)をスクリーンS3に導光し、スクリーンS3上に画像(2次像面)を形成する。すなわち、第1光学系L31によって図20及び図21中IIの位置に中間結像をする。そのあと第2光学系L32の反射面R31、R32で反射されたあと、瞳の像を形成してスクリーンS3上に結像する。図21に示すように、この投射光学系のそれぞれの光学面は光軸AXI S3に対して回転対称な形状を有している。なお、図21において、第2光学系L32の反射面R31、R32のうち使用しない部分、従って、除去されている部分を破線で示

してある。

[0080] 表4にこの第3の実施の形態にかかる投射光学系に具体的数値を適用した数値実施例3のデータを示す。

[表4]

Fナンバー	F/3.0
インチサイズ	73.1"

		曲率半径	間隔	硝材(e線の屈折率/アッペ数)
表示素子面		INF	1.400	
1		INF	20.700	
2		INF	12.000	1.83962/42.8
3		INF	27.300	1.51872/64.0
4		INF	6.050	
5		54.33486	12.294	1.49845/81.2
6		-89.63152	2.549	
7		44.87269	9.194	1.49845/81.2
8		-106.88865	4.469	
9		-49.15493	1.783	1.81184/33.0
10		34.57615	2.987	
11		39.16911	10.719	1.49845/81.2
12		-32.74038	2.658	
13		-33.88982	1.581	1.81184/33.0
14		-204.17705	7.015	
15		-1450.76818	5.146	1.85505/23.6
16		-47.28023	11.550	
絞り		INF	26.546	
17		-30.01628	1.800	1.83962/42.8
18		-40.25509	27.966	
19		46.38086	14.898	1.59142/61.0
20		-231.41988	12.849	
21		-91.96442	2.563	1.81263/25.3
22		-566.88378	0.300	
23		41.52448	10.030	1.67340/46.9
24		62.01431	9.000	
25		-70.56814	6.851	1.80831/46.3
26		46.59361	14.827	
27		-54.43436	12.414	1.81081/40.5
28		-47.66710	171.972	
29	非球面	1.01174E-05	-149.000	反射面(第1ミラー)
30	非球面	67.52094	485.861	反射面(第2ミラー)
投射画像面		INF		

29面 非球面係数			
K	-28531.19104		
A4	-0.337498E-08	A6 0.665793E-11	A8 -0.831931E-15
A12	-0.158764E-23	A14 0.200226E-28	A10 0.510008E-19

30面 非球面係数			
K	-2.694135		
A4	0.170688E-06	A6 -0.116784E-10	A8 0.647442E-15
A12	0.298396E-24	A14 -0.873758E-30	A10 -0.199351E-19

[0081] 数値実施例3では、画像表示素子P3は、アスペクト比は16:9、画素数は1920×1080、大きさは0.61インチであり、73.1インチに拡大投影されており、Fナンバーは

3である。画素サイズは画像表示素子P3上で約 $7\mu\text{m}$ 、スクリーンS3上で約0.845mmになる。

[0082] 数値実施例3の投射光学系のスポットダイアグラムを図23に、ディストーションを図24に示す。スポットダイアグラムに示している(1)から(15)の画角は画像表示素子P3上で図22に示す(1)から(15)の各位置から発している。また、参照波長は656.28nm、620.0nm、587.56nm、546.07nm、460.0nm、435.84nmとしている。図23のスケールはスクリーンS3上での1画素の2倍の長さである。図23に示すとおり十分な結像性能が得られている。また、図24に示すとおり目立った画像のゆがみは見られず十分な性能が得られている。

[0083] この数値実施例3にかかる投射光学系をリアプロジェクションテレビのキャビネットの内部に配置するには図25及び図26に示すように、光路を平面ミラーM31、M32で折り返してコンパクトにする必要がある。図25及び図26は投射光学系とスクリーンS3との間に平面ミラーM32を、第1光学系L31と第2光学系L32との間に平面ミラーM31を配置して光路をうまく折り曲げた構成を示している。平面ミラーM31は、1次像面の中心から2次像面の中心に向う光線が垂直面内にて光軸と交差する場合に、第1光学系と第2光学系の上記凹面反射面との間で光線を反射して水平面内に偏向する。また、例えば、投射光学系をキャビネットの下部に配置した場合に、平面ミラーM32はキャビネットの上部に配置され、投射光学系から出力された光を反射してスクリーンS3に至るように偏向する。

[0084] また、図27は図25及び図26中の投射光学系の部分を拡大して示している。

[0085] この第3の実施の形態にかかる投射型画像表示装置では平面ミラーM31、M32を用いて光路を折り曲げることにより装置のコンパクト化を達成しているが、光路を折り曲げる方法は上記した方法に限るものではない。例えば、第1光学系L31内に平面ミラーを配置してもよいし、平面ミラーM32と凹面反射面R32との間に別の平面ミラーを配置する構成としても良い。

[0086] 図26は側方から見た図であり、このように平面ミラーM31、M32で光路を折り曲げることにより、アスペクト比16:9の73.1インチのスクリーンサイズにおいて、光学系のみで規定した装置の厚み(奥行き)Dxが250mm以下となり、スクリーン下端から第2

光学系L32の最下部までの高さ方向の寸法Hxも50mm以下となり、画面下方部分も小さくすることが出来る。さらに各種スクリーンサイズにおける装置の厚みと上述の画面下方部分の寸法を検討した結果、アスペクト比16:9の46インチから73インチのスクリーンサイズにおいて、光学系のみで規定した装置の厚みを250mm以下、スクリーン下端から第2光学系L32の最下部までの高さ方向の寸法を50mm以下に構成することができることがわかった。したがって、ミラーやキャビネット等の実際の機構部品によりこの光学系を有する装置を構成した場合においても、その実際の厚みが300mm以下であり、そして画面下方部分(スクリーン下端から投写光学系の最下部までの高さ方向の寸法)が100mm以下である外形寸法の装置を実現することができる。

[0087] そして、第1光学系L31の中間像をスクリーンS3に結像させる第2光学系L32による瞳(すなわち光束が収斂している部分)が平面ミラーM32からスクリーンS3全面に至る光束の外側に形成されている。このように投射光学系を配置することにより、第2光学系L32から平面ミラーM32に向かう光束と、平面ミラーM32からスクリーンS3の全面に至る光束との間にスクリーンS3に向かう光束を略最小の開口で通過させるよう透光用開口を設けた遮蔽箱等の遮蔽部材(不図示。図7参照)を設けることができる。そして遮蔽部材により、投射される映像光を遮ることなく投射光学系(すなわち第1光学系L31および第2光学系L32)を埃の付着から保護することができる。また、遮蔽部材はスクリーンS3よりキャビネット内部に入射する外光を遮蔽し、その外光が、例えば、第2光学系の凹面反射面等で反射して迷光となり、スクリーンS3に投射された映像のコントラストを劣化させるのを防止することができる。なお、上記した遮蔽部材による遮蔽効果は次の第4の実施の形態においても同様に奏することができる。また、第5の実施の形態乃至第9の実施の形態にかかる投射光学系を使用して構成する投射型画像表示装置においても同様の効果を奏することが可能である。

[0088] (第4の実施の形態)

図28は本発明の第4の実施の形態にかかる投射光学系を用いたプロジェクタ(投射型画像表示装置)の光学全系の概略を示す図である。また、図29には、投射光学系を拡大して示している。

- [0089] この第4の実施の形態を示す図において、P4は画像表示素子であり、該画像表示素子P4に1次像面が形成される。上記画像表示素子P4としては、デジタルマイクロミラーデバイス(DMD)を用いることができる。STOPは絞りを示している。なお、プロジェクタには画像表示素子P4を照明する照明光学系が必要であるが図28、図29及びその他の第4の実施の形態を示す図では照明光学系を省略している。
- [0090] L41は屈折光学素子から成る第1光学系、L42は反射面R41、R42から成る第2光学系である。この第1光学系L41及び第2光学系L42から成る投射光学系により、画像表示素子P4によって画像変調された光(1次像面)をスクリーンS4に導光し、スクリーンS4上に画像(2次像面)を形成する。図28及び図29中IIの位置に第1光学系L41によって中間結像をする。そのあと反射面R41、R42で反射されたあと、瞳の像を形成してスクリーンS4上に結像する。図29に示すように、この投射光学系のそれぞれの光学面は光軸AXIS4に対して回転対称な形状を有している。なお、図29において、第2光学系L42の反射面R41、R42のうち使用しない部分、従って、除去されている部分を破線にて示してある。
- [0091] 表5にこの第4の実施の形態にかかる投射光学系に具体的数値を適用した数値実施例4のデータを示す。

[表5]

Fナンバー	F/3.0
インチサイズ	50"

		曲率半径	間隔	硝材(e線の屈折率/アッペ数)
表示素子面		INF	54	
絞り		INF	2.000	
1		-52.65808	5.807	1.67000/47.97
2		-23.18766	0.937	
3		-20.50806	3.000	1.63003/35.48
4		-36.35509	0.100	
5		60.64965	8.053	1.49845/81.20
6		-33.07412	0.100	
7		-58.53481	3.000	1.51978/51.85
8		41.88391	0.249	
9		45.54872	3.341	1.76167/27.31
10		52.75286	0.576	
11		69.66878	8.817	1.49845/81.20
12		-32.45941	1.122	
13		-26.48920	12.000	1.52033/58.69
14		-87.21177	26.181	
15		46.33716	14.214	1.62286/60.10
16		-89.13615	0.500	
17		-84.27186	8.911	1.67764/31.92
18		185.40020	4.858	
19		-81.21411	5.232	1.69416/30.92
20		58.72757	5.160	
21		92.26113	13.991	1.76167/27.31
22		-51.22638	0.100	
23		-60.90220	3.000	1.52033/58.69
24		47.28213	183.365	
25	非球面	100.00000	-140.000	反射面(第1ミラー)
26	非球面	69.81598	368.158	反射面(第2ミラー)
投射画像面		INF		

25面 非球面係数			
K -3.53735e+006			
A4 -2.02633e-009	A6 1.58657e-012	A8 -8.56678e-017	A10 1.46304e-021

26面 非球面係数			
K -2.34164e+000			
A4 1.07990e-007	A6 -3.97824e-012	A8 1.26325e-016	A10 -1.14881e-021

[0092] 画像表示素子P4としては、DMDが使用されており、アスペクト比16:9、画素数は1280×768、大きさは0.7インチであり、スクリーンS4上に50インチに拡大投影さ

れており、Fナンバーは3である。画素サイズは画像表示素子P4上で約 $12\mu\text{m}$ 、スクリーン上で約 0.86mm になる。画像表示素子P4と投射光学系の間に絞りSTOPを有しており、画像表示素子P4で反射したONの光は絞りSTOPを通過し投射光学系を経てスクリーンS4に到達するが、OFFの光は絞りSTOPにより遮断される。絞りSTOPを通過したONの光は屈折光学系L41により図28、10中IIの位置に中間結像をする。そのあと反射面R41、R42で反射されたあと、瞳の像を形成してスクリーン上に結像する。

[0093] 数値実施例4の投射光学系のスポットダイアグラムを図31に、ディストーションを図32に示す。スポットダイアグラムに示している(1)から(15)の画角は画像表示素子P4上で図30に示す(1)から(15)の各位置から発している。また、参照波長は 656.28nm 、 620.0nm 、 587.56nm 、 546.07nm 、 460.0nm 、 435.84nm としている。図31のスケールはスクリーン上での1画素の2倍の長さである。図31に示すとおり十分な結像性能が得られている。また、図32に示すとおり目立った画像のゆがみは見られず十分な性能が取れている。

[0094] この数値実施例4にかかる投射光学系をリアプロジェクションテレビのキャビネットの内部に配置するには図33及び図34に示すように、平面ミラーM41、M42で光路を折り返してコンパクトにする必要がある。図33及び図34は投射光学系とスクリーンS4との間に平面ミラーM42、第1光学系L41と第2光学系L42との間に平面ミラーM41を配置して光路をうまく折り曲げた構成を示している。図34は、側方から見た図であり、このように平面ミラーM41、M42で光路を折り曲げることにより装置の厚みが 250mm 以下の厚みとなり、画面下方部分も小さくすることが出来る。また、図35は図33及び図34中の投射光学系の部分を拡大して示している。この第4の実施の形態にかかる投射型画像表示装置では平面ミラーM41、M42を用いて光路を折り曲げることにより装置のコンパクト化を達成しているが、光路を折り曲げる方法は上記した方法に限るものではない。例えば、第1光学系L41内に平面ミラーを配置してもよいし、平面ミラーM42と凹面反射面R42との間に別の平面ミラーを配置する構成としても良い。

[0095] (第5の実施の形態)

図36は本発明の第5の実施の形態にかかる投射光学系を用いたプロジェクタ(投

射型画像表示装置)の光学全系の概略を示す図である。また、図37には、投射光学系を拡大して示している。

- [0096] この第5の実施の形態を示す図において、P5は画像表示素子であり、該画像表示素子P5に1次像面が形成される。上記画像表示素子P5としては、反射型のドットマトリックス液晶パネルやデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)等を用いることができる。また、図中のPP5は偏光ビームスプリッタ(PBS)やダイクロイックプリズム、TIR(Total Internal Reflector)プリズム等を示している。STOPは絞りを示している。なお、プロジェクタには画像表示素子P5を照明する照明光学系が必要であるが図36及び図37では照明光学系を省略している。
- [0097] L51は屈折光学素子から成る第1光学系、L52は反射面R51、R52から成る第2光学系である。この第1光学系L51及び第2光学系L52から成る投射光学系により、画像表示素子P5によって画像変調された光(1次像面)をスクリーンS5に導光し、スクリーンS5上に画像(2次像面)を形成する。図36及び図37中IIの位置に第1光学系L51によって中間結像をする。そのあと反射面R51、R52で反射されたあと、瞳の像を形成してスクリーンS5上に結像する。図37に示すように、この投射光学系のそれぞれの光学面は光軸AXIS5に対して回転対称な形状を有している。なお、図37において、第2光学系L52の反射面R51、R52のうち使用しない部分、従って、除去されている部分を破線にて示してある。
- [0098] 表6にこの第5の実施の形態にかかる投射光学系に具体的数値を適用した数値実施例5のデータを示す。

[表6]

Fナンバー	F/3.0
インチサイズ	55.8"

		曲率半径	間隔	硝材(e線の屈折率/アッペ数)
表示素子面		INF	1.400	
1		INF	20.700	
2		INF	12.000	1.83962/42.8
3		INF	27.300	1.51872/64.0
4		INF	6.050	
5		50.01335	12.300	1.49845/81.2
6		-102.48537	3.027	
7		69.66588	8.000	1.49845/81.2
8		-102.39250	4.516	
9		-49.22953	1.810	1.81184/33.0
10		57.85879	1.068	
11		36.59180	10.025	1.49845/81.2
12		-44.14826	5.030	
13		-35.10091	1.510	1.81184/33.0
14		-109.43158	10.879	
15		125.64456	4.259	1.85505/23.6
16		-92.16590	6.182	
絞り		INF	17.304	
17		-25.90402	1.800	1.83962/42.8
18		-35.06784	43.616	
19	非球面	59.62194	5.000	1.51131/56.4
20	非球面	61.51696	1.000	
21		51.89543	15.200	1.59142/61.0
22		-573.87162	3.000	
23		163.59945	5.117	1.81263/25.3
24		72.87238	0.300	
25		38.56059	13.000	1.67340/46.9
26		46.24911	13.439	
27		-77.70400	2.470	1.80831/46.3
28		50.57931	15.590	
29		-62.19532	7.955	1.81081/40.5
30		-49.34022	171.604	
31	非球面	1.01174E-05	-149.000	反射面(第1ミラー)
32	非球面	72.72183	387.172	反射面(第2ミラー)
投射画像面		INF		

19面 非球面係数			
K	-1.420362		
A4	-0.131048E-04	A6 0.526113E-08	A8 0.345041E-12
			A10 0.611802E-16

20面 非球面係数			
K	-6.286742		
A4	-0.104735E-04	A6 0.572168E-08	A8 -0.880556E-12
			A10 0.358875E-15

31面 非球面係数			
K	-28531.19104		
A4	-0.523359E-07	A6 0.157209E-10	A8 -0.172128E-14
A12	-0.309504E-23	A14 0.381546E-28	A10 0.101543E-18

32面 非球面係数			
K	-2.417695		
A4	0.116220E-06	A6 -0.588887E-11	A8 0.248721E-15
A12	-0.170341E-24	A14 0.475557E-29	A10 -0.212607E-20

[0099] 数値実施例5では、画像表示素子P5はアスペクト比は16:9、画素数は1920×10

80、大きさは0.61インチであり、55.8インチに拡大投影されており、Fナンバーは3.0である。画素サイズは画像表示素子P5上で約 $7\mu\text{m}$ 、スクリーンS5上で約0.645mmになる

数値実施例5の投射光学系のスポットダイアグラムを図39に、ディストーションを図40に示す。スポットダイアグラムに示している(1)から(15)の画角は画像表示素子P5上で図38に示す(1)から(15)の各位置から発している。また、参照波長は656.28nm、620.0nm、587.56nm、546.07nm、460.0nm、435.84nmとしている。図39のスケールはスクリーンS5上での1画素の2倍の長さである。図39に示すとおり十分な結像性能が得られている。また、図40に示すとおり目立った画像のゆがみは見られず十分な性能が得られている。

[0100] この第5の実施の形態に係る投射光学系をプロジェクタ(投射型画像表示装置)に適用する場合、上記した第1及び第4の実施の形態におけると同様に、平面ミラーを適切な位置に配置することで投射光学系を薄くすることが可能である。

[0101] (第6の実施の形態)

図41は本発明の第6の実施の形態にかかる投射光学系を用いたプロジェクタ(投射型画像表示装置)の光学全系の概略を示す図である。また、図42には、投射光学系を拡大して示している。

[0102] この第6の実施の形態を示す図において、P6は画像表示素子であり、該画像表示素子P6に1次像面が形成される。上記画像表示素子P6としては、反射型のドットマトリックス液晶パネルやデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)等を用いることができる。また、図中のPP6は偏光ビームスプリッタ(PBS)やダイクロイックプリズム、TIR(Total Internal Reflector)プリズム等を示している。STOPは絞りを示している。なお、プロジェクタには画像表示素子P6を照明する照明光学系が必要であるが図41及び図42では照明光学系を省略している。

[0103] L61は屈折光学素子から成る第1光学系、L62は反射面RR61、RR62から成る第2光学系である。この第1光学系L61及び第2光学系L62から成る投射光学系により、画像表示素子P6によって画像変調された光(1次像面)をスクリーンS6に導光し、スクリーンS6上に画像(2次像面)を形成する。図41及び図42中IIの位置に第1光学

系L61によって中間結像をする。そのあと反射面RR61、RR62で反射されたあと、瞳の像を形成してスクリーンS6上に結像する。この場合、画像表示素子P6からの光線の経路の順にRR61が凹面反射面、RR62が2次像面側の凸面反射面である。図42に示すように、この投射光学系のそれぞれの光学面は光軸AXIS6に対して回転対称な形状を有している。なお、図42において、第2光学系L62の反射面RR61、RR62のうち使用しない部分、従って、除去されている部分を破線で示してある。

[0104] 表7にこの第6の実施の形態にかかる投射光学系に具体的数値を適用した数値実施例6のデータを示す。

[表7]

Fナンバー	F/3.0
インチサイズ	50"

		曲率半径	間隔	硝材(e線の屈折率/アッベ数)
表示素子面		INF	1.400	
1		INF	27.300	1.51872/64.00
2		INF	12.000	1.83962/42.75
3		INF	8.613	
4		-66.70934	4.619	1.76167/27.31
5		-40.20806	1.466	
6		33.43195	7.449	1.76167/27.31
7		131.35118	14.577	
8		59.72796	5.955	1.48914/70.24
9		-30.09630	3.000	1.75456/34.77
10		18.28717	0.100	
11		18.17450	7.246	1.48914/70.24
12		-23.90429	1.977	
13		-21.85215	3.000	1.81081/40.49
14		-303.96553	0.100	
15		109.80180	7.224	1.48914/70.24
16		-28.10454	0.100	
絞り		INF	99.059	
17		182.80303	15.241	1.67764/31.92
18		-135.37528	0.100	
19		64.12991	10.744	1.52033/58.69
20		119.23170	10.935	
21		-280.88707	3.000	1.72793/37.72
22		114.79624	216.118	
23	非球面	-73.93950	-120.000	反射面(第1ミラー)
24	非球面	-69.01404	229.652	反射面(第2ミラー)
投射画像面			0.000	

23面 非球面係数			
K -8.47354e-001			
A4 4.50856e-007	A6 -5.49282e-011	A8 7.19838e-015	A10 -3.75857e-019

24面 非球面係数			
K -1.43979e+001			
A4 3.27859e-008	A6 -1.83925e-012	A8 5.76078e-017	A10 -7.70233e-022

[0105] 数値実施例6では、画像表示素子P6は反射型ドットマトリックス液晶等の液晶素子であり、テレセントリックになっている。また、アスペクト比は16:9、画素数は1920×1

080、大きさは0.61インチであり、50インチに拡大投影されており、Fナンバーは3.0である。画素サイズは画像表示素子P6上で約 $7\mu\text{m}$ 、スクリーンS6上で約0.58mmになる。

[0106] 数値実施例6の投射光学系のスポットダイアグラムを図44に、ディストーションを図45に示す。スポットダイアグラムに示している(1)から(15)の画角は画像表示素子P6上で図43に示す(1)から(15)の各位置から発している。また、参照波長は656.28nm、620.0nm、587.56nm、546.07nm、460.0nm、435.84nmとしている。図44のスケールはスクリーン上での1画素の2倍の長さである。図44に示すとおり十分な結像性能が得られている。また、図45に示すとおり目立った画像のゆがみは見られず十分な性能が得られている。

[0107] この第6の実施の形態に係る投射光学系をプロジェクタ(投射型画像表示装置)に適用する場合、上記した第1及び第4の実施の形態におけると同様に、平面ミラーを適切な位置に配置することで投射光学系を薄くすることが可能である。

[0108] (第7の実施の形態)

図46は本発明の第7の実施の形態にかかる投射光学系を用いたプロジェクタ(投射型画像表示装置)の光学全系の概略を示す図である。また、図47には、投射光学系を拡大して示している。

[0109] この第7の実施の形態を示す図において、P7は画像表示素子であり、該画像表示素子P7に1次像面が形成される。上記画像表示素子P7としては、反射型のドットマトリックス液晶パネルやデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)等を用いることができる。また、図中のPP7は偏光ビームスプリッタ(PBS)やダイクロイックプリズム、TIR(Total Internal Reflector)プリズム等を示している。STOPは絞りを示している。なお、プロジェクタには画像表示素子P7を照明する照明光学系が必要であるが図46及び図47では照明光学系を省略している。

[0110] L71は屈折光学素子から成る第1光学系、L72は反射面R71、R72から成る第2光学系である。この第1光学系L71及び第2光学系L72から成る投射光学系により、画像表示素子P7によって画像変調された光(1次像面)をスクリーンS7に導光し、スクリーンS7上に画像(2次像面)を形成する。図46及び図47中IIの位置に第1光学系L

71によって中間結像をする。そのあと反射面R71、R72で反射されたあと、瞳の像を形成してスクリーンS7上に結像する。図47に示すように、この投射光学系のそれぞれの光学面は光軸AXIS7に対して回転対称な形状を有している。なお、図47において、第2光学系L72の反射面R71、R72のうち使用しない部分、従って、除去されている部分を破線にて示してある。

[0111] 表8にこの第7の実施の形態にかかる投射光学系に具体的数値を適用した数値実施例7のデータを示す。

[表8]

Fナンバー	F/3.0
インチサイズ	52.5"

表示素子面		曲率半径	間隔	硝材(e線の屈折率/アッベ数)
1		INF	1.400	
2		INF	20.700	
3		INF	12.000	1.83962/42.8
4		INF	27.300	1.51872/64.0
5		INF	6.050	
6		59.22241	12.300	1.49845/81.2
7		-86.13954	4.172	
8		44.25213	9.409	1.49845/81.2
9		-96.55688	4.207	
10		-50.21938	1.779	1.81184/33.0
11		34.23739	3.003	
12		38.84939	10.553	1.49845/81.2
13		-33.38322	2.575	
14		-35.32416	1.574	1.81184/33.0
15		-294.59246	8.563	
16		-2771.84910	5.043	1.85505/23.6
17		-49.26150	10.336	
絞り		INF	32.667	
18		-31.30247	1.800	1.83962/42.8
19		-41.95428	21.541	
20		45.68213	15.174	1.59142/61.0
21		-179.12544	11.472	
22		-84.96068	2.526	1.81263/25.3
23		-513.97498	0.300	
24		38.82080	7.423	1.67340/46.9
25		55.78713	11.970	
26		-68.01291	8.000	1.80831/46.3
27		45.75187	14.403	
28		-55.92187	13.306	1.81081/40.5
29		-48.48920	170.904	
29	非球面	1.01174E-05	-151.155	反射面(第1ミラー)
30	非球面	68.49207	364.319	反射面(第2ミラー)
投射画像面		INF		

29面 非球面係数			
K	-28531.19104		
A4	0.124362E-07	A6 0.196046E-11	A8 -0.206541E-15
A12	-0.290651E-24	A14 0.357592E-29	A10 0.103413E-19

30面 非球面係数			
K	-2.4470		
A1	-1.1474E-02	A3 1.3489E-06	A4 1.1430E-07
A6	-6.0609E-12	A8 2.8004E-16	A10 -6.6302E-21
A14	4.6396E-31		A5 1.8548E-11
			A12 6.8785E-26

[0112] この数値実施例7では、第30面、すなわち凹面反射面R72には奇数次の非球面係数が含まれており、従って、第30面の形状は上記した数2式によって表される。

- [0113] 数値実施例7では、画像表示素子P7は、アスペクト比は16:9、画素数は1920×1080、大きさは0.61インチであり、52.5インチに拡大投影されており、Fナンバーは3.0である。画素サイズは画像表示素子上で約7 μ m、スクリーンS7上で約0.605mmになる。
- [0114] 数値実施例7の投射光学系のスポットダイアグラムを図49に、ディストーションを図50に示す。スポットダイアグラムに示している(1)から(15)の画角は画像表示素子P7上で図48に示す(1)から(15)の各位置から発している。また、参照波長は656.28nm、620.0nm、587.56nm、546.07nm、460.0nm、435.84nmとしている。図49のスケールはスクリーンS7上での1画素の2倍の長さである。図49に示すとおり十分な結像性能が得られている。また、図50に示すとおり目立った画像のゆがみは見られず十分な性能が得られている。
- [0115] この第7の実施の形態に係る投射光学系をプロジェクタ(投射型画像表示装置)に適用する場合、上記した第1及び第4の実施の形態におけると同様に、平面ミラーを適切な位置に配置することで投射光学系を薄くすることが可能である。
- [0116] (第8の実施の形態)
- 図51は本発明の第8の実施の形態にかかる投射光学系を用いたプロジェクタ(投射型画像表示装置)の光学全系の概略を示す図である。また、図52には、投射光学系を拡大して示している。
- [0117] この第8の実施の形態を示す図において、P8は画像表示素子であり、該画像表示素子P8に1次像面が形成される。上記画像表示素子P8としては、デジタルマイクロミラーデバイス(DMD)を用いることができる。なお、プロジェクタには画像表示素子P8を照明する照明光学系が必要であるが図51及び図52では照明光学系を省略している。
- [0118] L81は屈折光学素子から成る第1光学系、L82は反射面RR81、RR82から成る第2光学系である。この第1光学系L81及び第2光学系L82から成る投射光学系により、画像表示素子P8によって画像変調された光(1次像面)をスクリーンS8に導光し、スクリーンS8上に画像(2次像面)を形成する。図51及び図52中IIの位置に第1光学系L81によって中間結像をする。そのあと反射面RR81、RR82で反射されたあと、

瞳の像を形成してスクリーンS8上に結像する。図52に示すように、この投射光学系のそれぞれの光学面は光軸AXIS8に対して回転対称な形状を有している。なお、図52において、第2光学系L82の反射面RR81、RR82のうち使用しない部分、従って、除去されている部分を破線にて示してある。

[0119] 表9にこの第8の実施の形態にかかる投射光学系に具体的数値を適用した数値実施例8のデータを示す。

[表9]

Fナンバー	F/3.0
インチサイズ	55.8"

		曲率半径	間隔	硝材(e線の屈折率/アッペ数)
表示素子面		INF	54.000	
絞り		INF	0.100	
1		71.13311578	3.000	1.76167/27.31
2		-132.8219538	6.435	
3		87.24914913	9.995	1.76167/27.31
4		-111.03702	0.100	
5		-477.69876	3.000	1.80932/39.39
6		34.30104	1.000	
7		42.77973	6.841	1.56605/60.58
8		-22.24372	3.000	1.73432/28.10
9		49.09361	0.100	
10		44.96886	5.684	1.48914/70.24
11		-52.48688	51.478	
12		-931.71066	5.000	1.76167/27.31
13		-302.78002	70.336	
14		94.02440	7.538	1.76167/27.31
15		298.10396	6.199	
16		-186.511621	5.000	1.74794/44.63
17		1081.95709	285.517	
18	非球面	-83.79108	-110.000	反射面(第1ミラー)
19	非球面	-177.21176	260.000	反射面(第2ミラー)
投射画像面		INF	1.000	

18面 非球面係数			
K -6.03097e-001			
A4 2.98655e-007	A6 -1.62107e-011	A8 1.53773e-015	A10 -2.42130e-020
A12 -2.52893e-024			

19面 非球面係数			
K -2.90510e+001			
A4 7.12285e-008	A6 -8.49805e-012	A8 6.28723e-016	A10 -2.49940e-020
A12 3.55011e-025			

[0120] 数値実施例8では、画像表示素子P8はDMDであり、アスペクト比は16:9、画素数は1280×768、大きさは0.7インチであり、55.8インチに拡大投影されており、Fナンバーは3である。画素サイズは画像表示素子P8上で約12μm、スクリーンS8上で

約0.86mmになる。画像表示素子P8と投射光学系の間に絞りSTOPを有しており、画像表示素子P8で反射したONの光は絞りSTOPを通過し投射光学系を経てスクリーンS8に到達するが、OFFの光は絞りSTOPにより遮断される。絞りSTOPを通過したONの光は屈折光学系L81により図51および図52中IIの位置に中間結像をする。そのあと反射面RR81で反射され瞳の像を形成し、さらに、反射面RR82で反射しスクリーンS8上に結像する。

[0121] 数値実施例8の投射光学系のスポットダイアグラムを図54に、ディストーションを図55に示す。スポットダイアグラムに示している(1)から(15)の画角は画像表示素子上で図53に示す(1)から(15)の各位置から発している。また、参照波長は656.28nm、620.0nm、587.56nm、546.07nm、460.0nm、435.84nmとしている。図54のスケールはスクリーンS8上での1画素の2倍の長さである。図54に示すとおり十分な結像性能が得られている。また、図55に示すとおり目立った画像のゆがみは見られず十分な性能が得られている。

[0122] この第8の実施の形態に係る投射光学系をプロジェクタ(投射型画像表示装置)に適用する場合、上記した第1乃至第4の実施の形態におけると同様に、平面ミラーを適切な位置に配置することで投射光学系を薄くすることが可能である。

[0123] (第9の実施の形態)

図56は本発明の第9の実施の形態にかかる投射光学系を用いたプロジェクタ(投射型画像表示装置)の光学全系の概略を示す図である。また、図57には、投射光学系を拡大して示している。

[0124] この第9の実施の形態を示す図において、P9は画像表示素子であり、該画像表示素子P9に1次像面が形成される。上記画像表示素子P9としては、反射型のドットマトリックス液晶パネルやデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)等を用いることができる。また、図中のPP9は偏光ビームスプリッタ(PBS)やダイクロイックプリズム、TIR(Total Internal Reflector)プリズム等を示している。STOPは絞りを示している。なお、プロジェクタには画像表示素子P9を照明する照明光学系が必要であるが図56及び図57では照明光学系を省略している。

[0125] L91は屈折光学素子から成る第1光学系、L92は反射面AM9から成る第2光学系

である。この第1光学系L91及び第2光学系L92から成る投射光学系により、画像表示素子P9によって画像変調された光(1次像面)をスクリーンS9に導光し、スクリーンS9上に画像(2次像面)を形成する。図56及び図57中IIの位置に第1光学系L91によって中間結像をする。そのあと反射面AM9で反射されたあと、瞳の像を形成してスクリーンS9上に結像する。図57に示すように、この投射光学系のそれぞれの光学面は光軸AXIS9に対して回転対称な形状を有している。なお、図57において、第2光学系L92の反射面AM9のうち使用しない部分、従って、除去されている部分を破線にて示してある。

[0126] 表10にこの第9の実施の形態にかかる投射光学系に具体的数値を適用した数値実施例9のデータを示す。

[表10]

Fナンバー	F/3.0
インチサイズ	62.6"

		曲率半径	間隔	硝材(e線の屈折率/アッペ数)
表示素子面		INF	0.900	
1		INF	30.000	1.51872/64.0
2		INF	5.000	
3		62.65902	9.402	1.48914/70.2
4		-82.6989	6.176	
5		36.38095	10.475	1.49845/81.2
6		-81.168	6.000	
7		-37.1714	1.539	1.64940/31.7
8		27.24078	3.912	
9		33.08227	10.504	1.49845/81.2
10		-28.5041	2.809	
11		-26.4725	1.341	1.61864/34.5
12		60.76307	1.402	
13		87.88232	6.476	1.75520/27.5
14		-32.7878	9.119	
絞り		INF	13.175	
15		-27.9681	1.500	1.54285/47.0
16		-52.9861	18.502	
17		91.05025	10.217	1.75450/51.6
18		-58.8245	3.649	
19		-49.6999	5.690	1.84666/23.8
20		-117.323	50.536	
21		68.55467	8.000	1.48914/70.2
22		46.45361	14.599	
23		-149.905	3.005	1.48914/70.2
24		115.63	5.973	
25		426.1313	6.000	1.84829/29.7
26		-670.278	250.000	
27	非球面	-88.935	-700.000	反射面(第1ミラー)
投射画像面				

27面 非球面係数			
K	-2.641049		
A4	-0.111535E-06	A6 0.386529E-11	A8 -0.317841E-16
A12	0.452284E-24	A14 -0.631588E-29	A16 -0.186046E-33
			A18 0.528090E-38

[0127] 数値実施例9では、画像表示素子P9は反射型ドットマトリックス液晶等の液晶素子であり、テレセントリックになっている。また、アスペクト比は16:9、画素数は1920×1

080、大きさは0.61インチであり、62.6インチに拡大投影されており、Fナンバーは3.0である。画素サイズは画像表示素子P9上で約 $7\mu\text{m}$ 、スクリーン上で約0.725mmになる。

[0128] 数値実施例9の投射光学系のスポットダイアグラムを図59に、ディストーションを図60に示す。スポットダイアグラムに示している(1)から(15)の画角は画像表示素子P9上で図58に示す(1)から(15)の各位置から発している。また、参照波長は656.28nm、620.0nm、587.56nm、546.07nm、460.0nm、435.84nmとしている。図59のスケールはスクリーンS9上での1画素の2倍の長さである。図59に示すとおり十分な結像性能が得られている。また、図60に示すとおり目立った画像のゆがみは見られず十分な性能が得られている。

[0129] この第9の実施の形態に係る投射光学系をプロジェクタ(投射型画像表示装置)に適用する場合、上記した第1及び第4の実施の形態におけると同様に、平面ミラーを適切な位置に配置することで投射光学系を薄くすることが可能である。

[0130] 上記した各数値実施例3乃至9の上記条件式(1)、(2)、(3)の関連データ及び対応データを表11に示す。

[表11]

●条件式関連データ

	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	備考
Si1	186	183	180	155	185	230	152	第1光学系から中間像面までの距離(画面下端)
Si2	106	112	100	139	103	211	99	第1光学系から中間像面までの距離(画面中央)
Si3	42	50	42	124	37	179	46	第1光学系から中間像面までの距離(画面上端)
Ls	211.99	131.25	213.40	195.89	214.10	184.81	210.00	第1光学系のレンズ全長
R	67.521	68.816	72.722	73.940	68.492	83.791	88.935	凹面反射面の曲率半径
K	-2.69	-2.34	-2.42	-0.85	-2.45	-0.60	-2.64	凹面反射面の田鍬率数

●条件式対応データ

	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	備考
Si1/Ls	0.88	1.39	0.84	0.79	0.86	1.24	0.72	Si/Ls<2
Si2/Ls	0.50	0.85	0.47	0.71	0.48	1.14	0.47	Si/Ls<2
Si3/Ls	0.20	0.38	0.20	0.63	0.17	0.97	0.22	Si/Ls<2
R /2	33.760	34.408	36.361	36.970	34.246	41.896	44.468	S12> R /2
S12	321.0	323.4	320.6	216.1	322.1	285.5	250.0	SR12> R /2
SR12	149.0	140.0	149.0	120.0	151.2	110.0	(-)	

[0131] 上記各数値実施例3乃至9の何れも条件式(1)、(2)、(3)を満足していることが分

かる。

[0132] 図61は上記数値実施例4における第1光学系L41の中間像位置を示している。図中Si1、Si2、Si3はスクリーン上で最下部、中央、最上部の画角の中間像位置から第1光学系L41までの距離を表している。図22でいうと(1)、(7)、(13)の各ポイントとなる。それぞれ、 $Si1 \div 183\text{mm}$ 、 $Si2 \div 112\text{mm}$ 、 $Si3 \div 50\text{mm}$ である。第1光学系L41の長さ Ls は131.25mmなので条件式(1)を満足している。そして、上記数値実施例3乃至9の何れもこの条件式(1)を満足しており、さらに、条件式(2)、(3)も満足している(表11参照)。

[0133] 以上の特徴や効果を適切に使用することで、歪曲を良好に補正しながらも、結像性能に優れた投射光学系を少ない反射面数でコンパクトに構成することができる。

[0134] なお、上記した実施の形態では、透過型スクリーンに投影する投射型画像表示装置について説明したが、本発明投射型画像表示装置は反射型スクリーンに投影する装置として適用することが出来ることは勿論である。

[0135] また、上記した実施の形態では、第1光学系及び第2光学系を構成する各面は共通の光軸を中心とした回転対称面である場合について説明したが、回転対称面でない構成の場合についても本発明は適用できる。

[0136] また、上記した実施の形態及び数値実施例に示した各部の具体的形状及び数値は、本発明を実施するに際して行う具体化のほんの一例を示したものにすぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

産業上の利用可能性

[0137] 奥行及び高さ方向何れの寸法も小さく、しかも、拡大率の大きな投射光学系を提供することができ、特に、大型のリアプロジェクションテレビに適用して好適である。その他、狭い部屋等の限られた空間内での反射型スクリーン等への拡大投射に好適である。

請求の範囲

- [1] 縮小側の1次像面から拡大側の2次像面へ拡大投射する投射光学系であって、
上記1次像面の中間像を結像する第1光学系と、
上記中間像による上記2次像面を形成させる凹面反射面を有する第2光学系とを
備え、
上記1次像面の中心から上記2次像面の中心に至る光線が上記第1光学系の光軸
を交差し、さらに上記凹面反射面で反射し、再度上記光軸と交差して上記2次像面
に到達する
ことを特徴とする投射光学系。
- [2] 上記第1光学系及び第2光学系を構成する各面は共通の光軸を中心とした回転対
称面で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の投射光学系。
- [3] 上記第2光学系は上記凹面反射面のみによって構成されることを特徴とする請求
項2に記載の投射光学系。
- [4] 上記第2光学系は、上記凹面反射面の拡大側又は縮小側に凸面反射面を有して
いることを特徴とする請求項2に記載の投射光学系。
- [5] 上記第1光学系によって、上記中間像が上記第2光学系の上記凹面反射面より上
記1次像面側に結像されることを特徴とする請求項2に記載の投射光学系。
- [6] 上記第1光学系の長さを L_s 、上記第1光学系から上記中間像までの距離を S_i として
、以下の条件式(1)を満足することを特徴とする請求項5に記載の投射光学系。
(1) $S_i / L_s < 2$
- [7] 上記第1光学系から上記凹面反射面までの上記光軸上の距離を S_{12} 、上記凹面
反射面の近軸の曲率半径を R として、以下の条件式(2)を満足することを特徴とする
請求項5に記載の投射光学系。
(2) $S_{12} > |R| / 2$
- [8] 上記凸面反射面から上記凹面反射面までの距離を SR_{12} として、以下の条件式(3
)を満足することを特徴とする請求項4に記載の投射光学系。
(3) $SR_{12} > |R| / 2$
- [9] 上記凹面反射面は上記光軸に対し回転対称非球面であることを特徴とする請求項

2に記載の投射光学系。

- [10] 上記回転対称非球面の形状を示す関数は奇数次非球面係数を含むことを特徴とする請求項9に記載の投射光学系。
- [11] 上記凹面反射面は近軸の曲面に対し上記光軸から離れるに従って曲率が小さい形状であることを特徴とする請求項9に記載の投射光学系。
- [12] 上記凸面反射面の少なくとも1面が回転対称非球面で構成されていることを特徴とする請求項4に記載の投射光学系。
- [13] 上記第1光学系の1面以上が回転対称非球面で構成されていることを特徴とする請求項2乃至5のいずれかに記載の投射光学系。
- [14] 光源と、
上記光源から発せられた光を映像信号に基づき変調して出力する変調手段と、
上記変調手段側の1次像面からスクリーン側の2次像面へ拡大投射する投射光学系とを備え、
上記投射光学系は、
上記1次像面の中間像を結像する第1光学系と、
上記中間像による上記2次像面を形成させる凹面反射面を有する第2光学系とを備え、
上記1次像面の中心から上記2次像面の中心に至る光線が上記第1光学系の光軸を交差し、さらに上記凹面反射面で反射し、再度上記光軸と交差して上記2次像面に到達する
ことを特徴とする投射型画像表示装置。
- [15] 上記第1光学系及び第2光学系は共通の光軸を中心とした回転対称面で構成されている
ことを特徴とする請求項14に記載の投射型画像表示装置。
- [16] 上記スクリーンは透過型スクリーンであり、
上記スクリーンが前面に配置されたキャビネットに、上記光源、上記変調手段及び上記投射光学系を内蔵し、
上記投射光学系により上記透過型スクリーンに背面から拡大投射する

- ことを特徴とする請求項14に記載の投射型画像表示装置。
- [17] 上記投射光学系は上記キャビネットの下部に設けられ、
上記キャビネットの上部に配置され、上記投射光学系から出力された光を反射して
上記透過型スクリーンに至るように偏向する平面ミラーを備える、
ことを特徴とする請求項16に記載の投射型画像表示装置。
- [18] 上記中間像の上記2次像面に対する上記第2光学系による瞳が、上記平面ミラー
から上記透過型スクリーン面に至る光束の外側に形成されている
ことを特徴とする請求項17に記載の投射型画像表示装置。
- [19] 上記1次像面の中心から上記2次像面の中心に至る光線は上記光軸と垂直面内にて
交差し、
上記第1光学系と上記第2光学系との間に上記光線を反射して水平面内にて偏向
させる反射手段を備えている
ことを特徴とする請求項14に記載の投射型画像表示装置。
- [20] 上記凹面反射面で反射された後の光路を所望に引き回すための少なくとも一面の
平面反射面を有し、
上記スクリーンの直前に位置した平面反射面からスクリーンに向かう光線のうち上
記スクリーンから最も離れた位置を通る最外域光線と上記スクリーンとの成す角度を
 θ として、以下の条件式(4)を満足することを特徴とする請求項14乃至19のいずれ
かに記載の投写型画像表示装置。
- (4) $0.6 > \tan \theta > 0.05$

補正書の請求の範囲

[2006年3月27日 (27.03.06) 国際事務局受理：出願当初の請求の範囲 6 及び 8 は補正された；他の請求の範囲は変更なし。]

請求の範囲

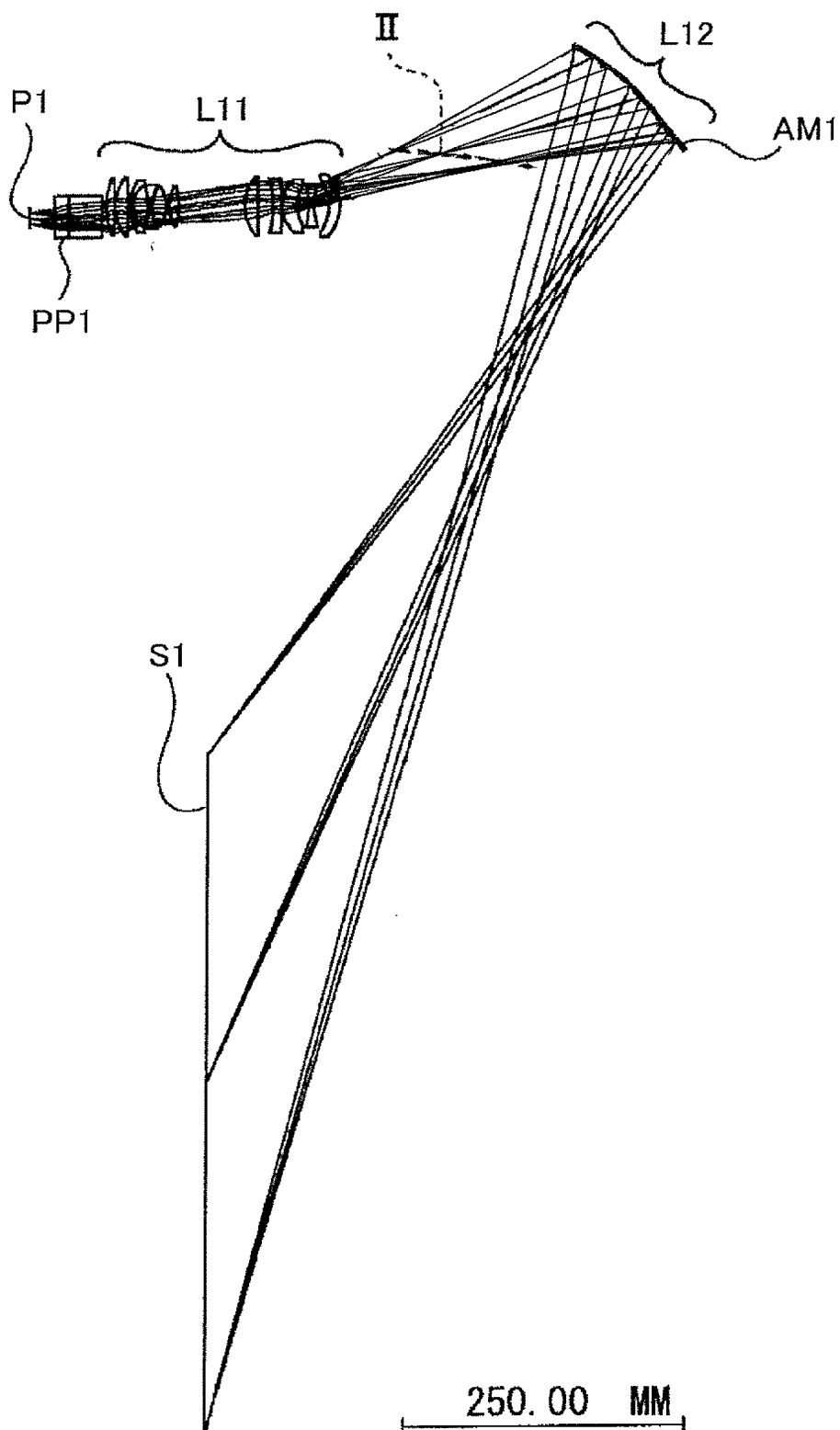
- [1] 縮小側の1次像面から拡大側の2次像面へ拡大投射する投射光学系であって、
 上記1次像面の中間像を結像する第1光学系と、
 上記中間像による上記2次像面を形成させる凹面反射面を有する第2光学系とを
 備え、
 上記1次像面の中心から上記2次像面の中心に至る光線が上記第1光学系の光軸
 を交差し、さらに上記凹面反射面で反射し、再度上記光軸と交差して上記2次像面
 に到達する
 ことを特徴とする投射光学系。
- [2] 上記第1光学系及び第2光学系を構成する各面は共通の光軸を中心とした回転対
 称面で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の投射光学系。
- [3] 上記第2光学系は上記凹面反射面のみによって構成されることを特徴とする請求
 項2に記載の投射光学系。
- [4] 上記第2光学系は、上記凹面反射面の拡大側又は縮小側に凸面反射面を有して
 いることを特徴とする請求項2に記載の投射光学系。
- [5] 上記第1光学系によって、上記中間像が上記第2光学系の上記凹面反射面より上
 記1次像面側に結像されることを特徴とする請求項2に記載の投射光学系。
- [6] (補正後) 上記第1光学系の光入射面から光出射面までの上記光軸に沿った長さ
 を L_s 、上記第1光学系の光入射面から上記中間像までの上記光軸に沿った距離を S_i
 として、以下の条件式(1)を満足することを特徴とする請求項5に記載の投射光学系
 。
 (1) $S_i / L_s < 2$
- [7] 上記第1光学系から上記凹面反射面までの上記光軸上の距離を S_{12} 、上記凹面
 反射面の近軸の曲率半径を R として、以下の条件式(2)を満足することを特徴とする
 請求項5に記載の投射光学系。
 (2) $S_{12} > |R| / 2$
- [8] (補正後) 上記凸面反射面から上記凹面反射面までの上記光軸に沿った距離を S_{R12}
 として、以下の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項4に記載の投射光

学系。

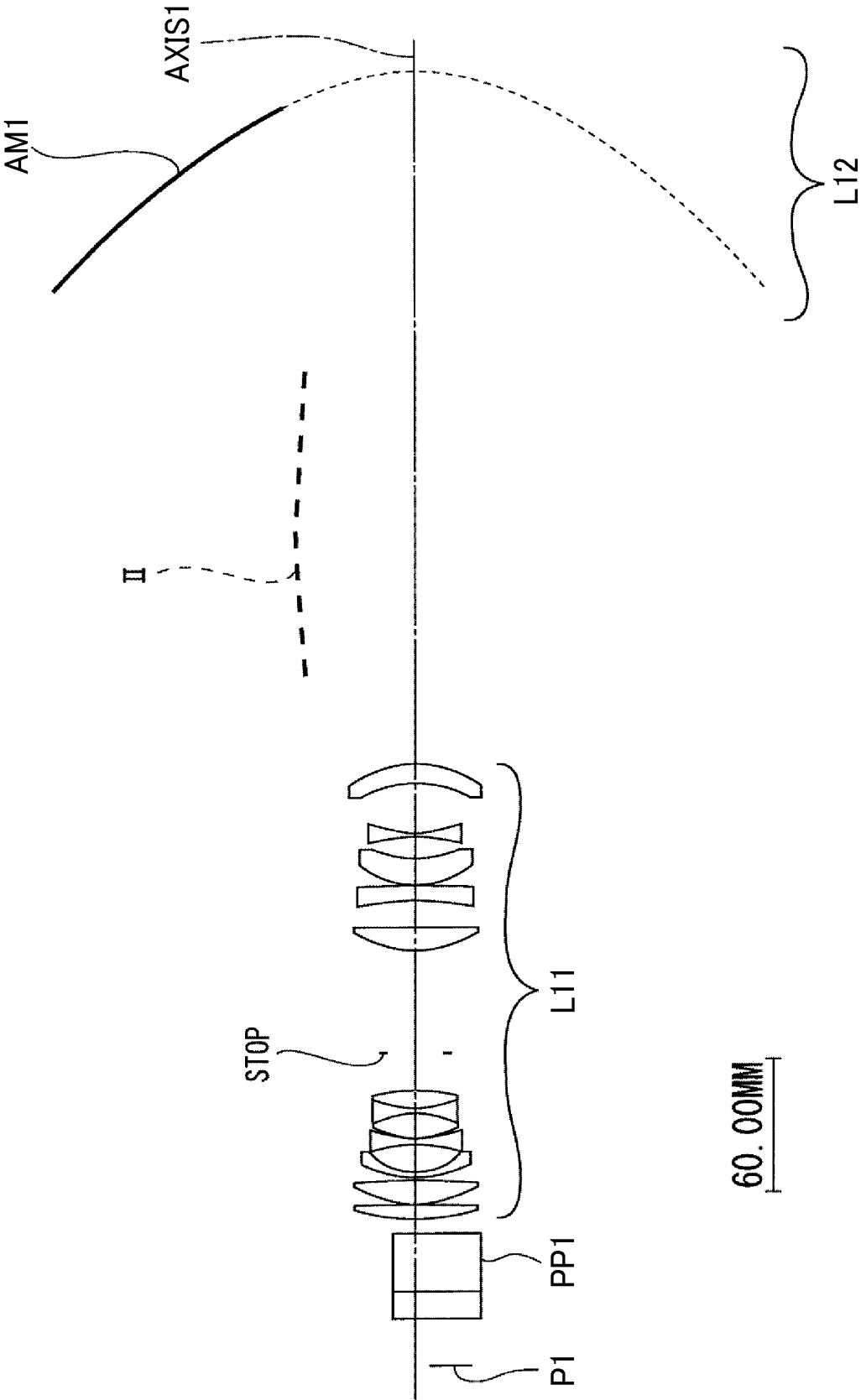
$$(3) SR12 > |R| / 2$$

[9] 上記凹面反射面は上記光軸に対し回転対称非球面であることを特徴とする請求項

[図1]



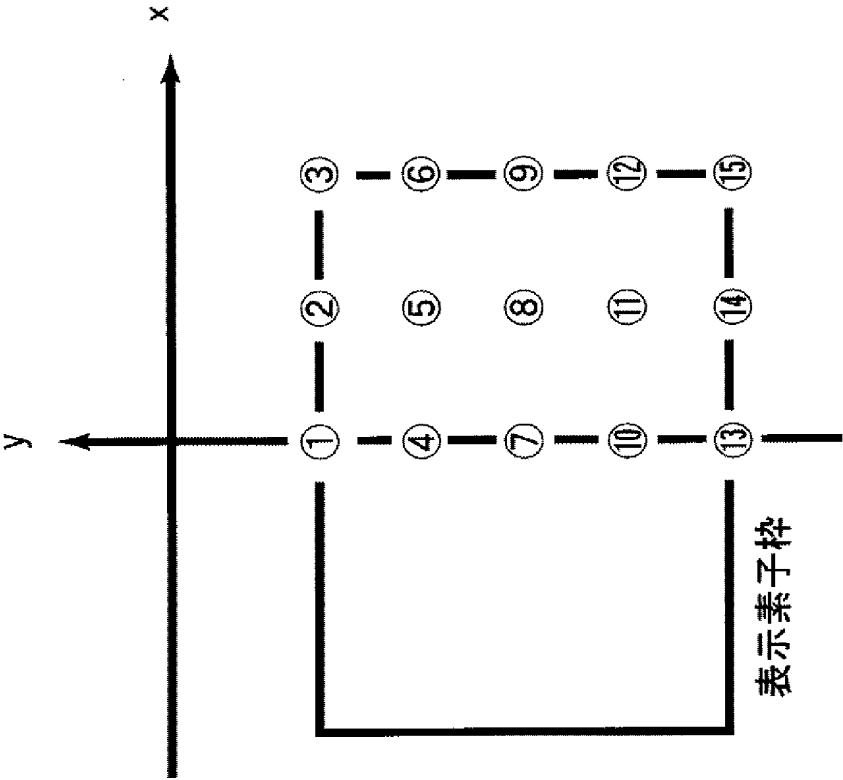
[図2]



[図3]

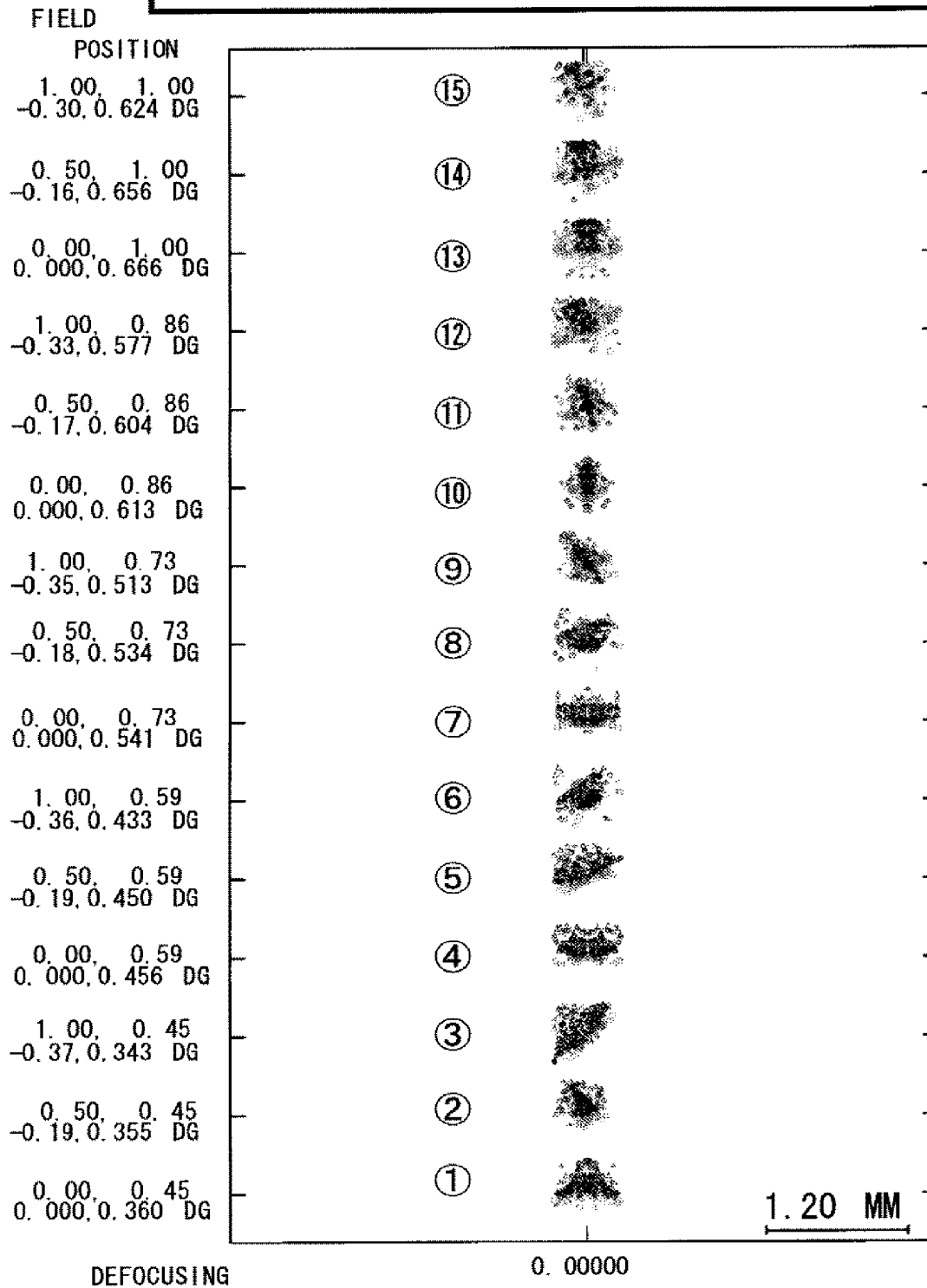
表示素子上の座標

	x	y
①	0.00	-6.20
②	3.36	-6.20
③	6.72	-6.20
④	0.00	-8.09
⑤	3.36	-8.09
⑥	6.72	-8.09
⑦	0.00	-9.98
⑧	3.36	-9.98
⑨	6.72	-9.98
⑩	0.00	-11.87
⑪	3.36	-11.87
⑫	6.72	-11.87
⑬	0.00	-13.76
⑭	3.36	-13.76
⑮	6.72	-13.76



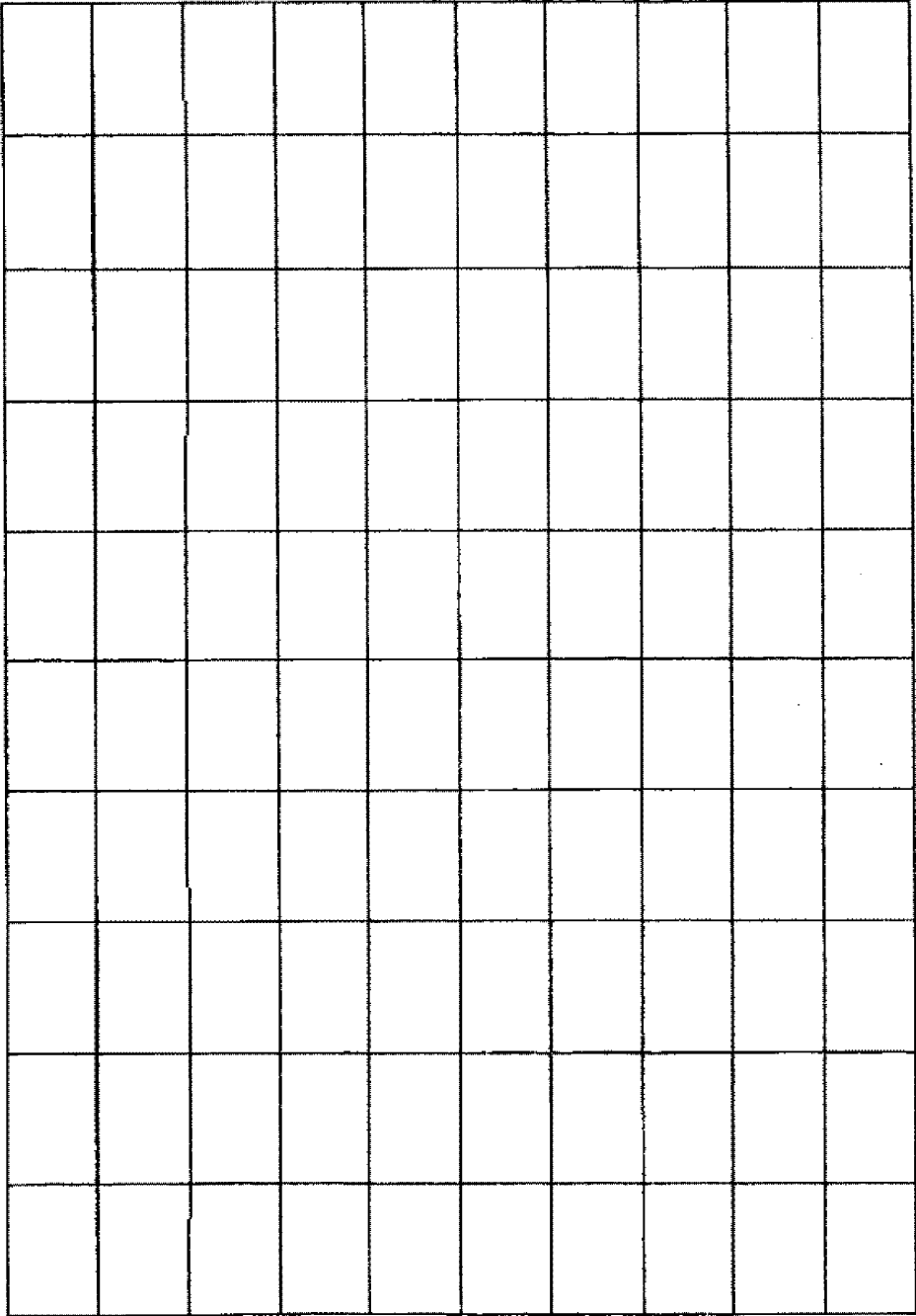
[図4]

- スポットダイアグラム(白色) スケール1.2mm(表示素子上 $7\mu\text{m} \times 2$)
- 波長とウェイト 656.3nm:620.0nm:546.1nm:460.0nm:435.8nm =2:2:3:2:1
- 評価面:スクリーン上

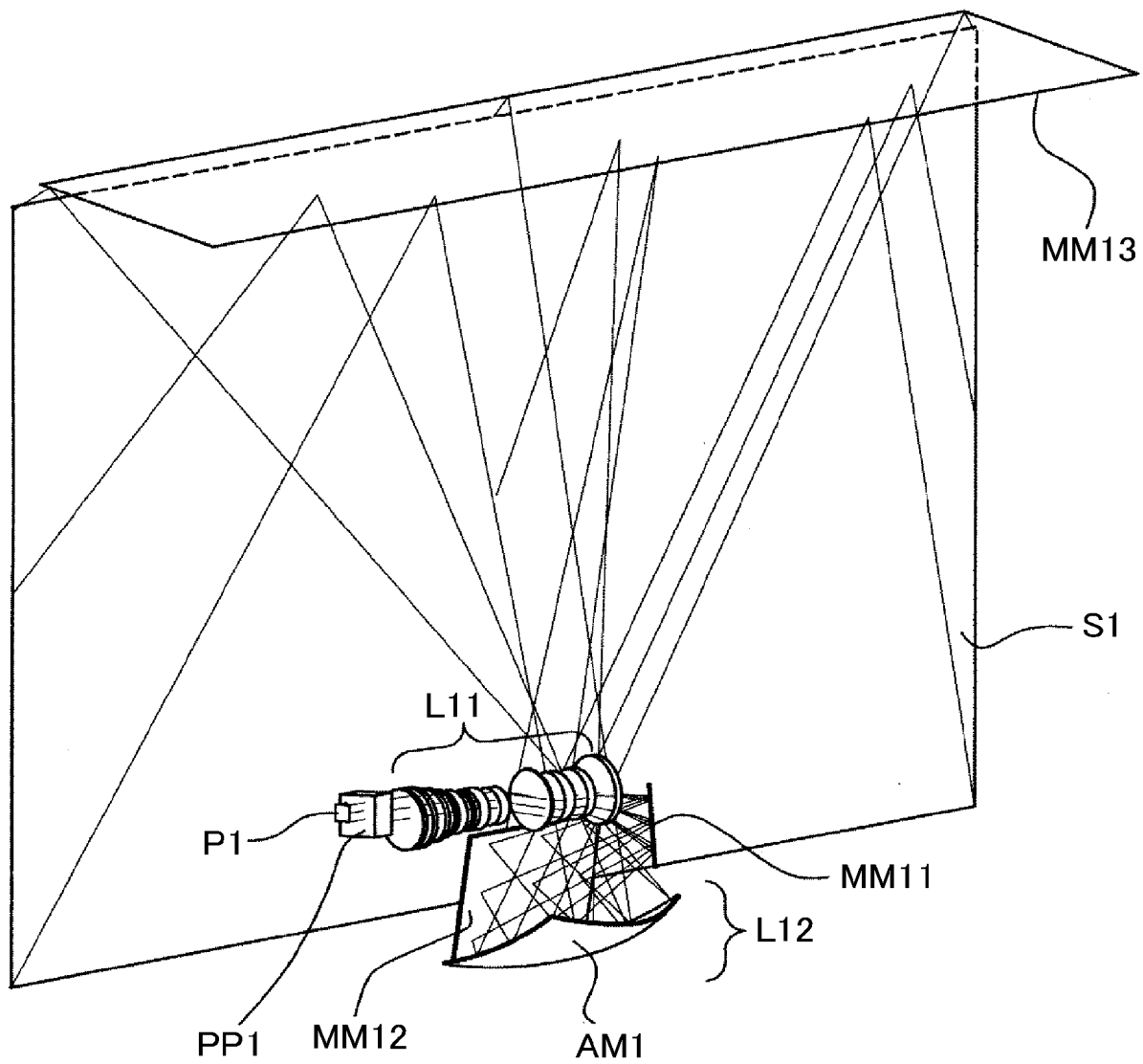


[図5]

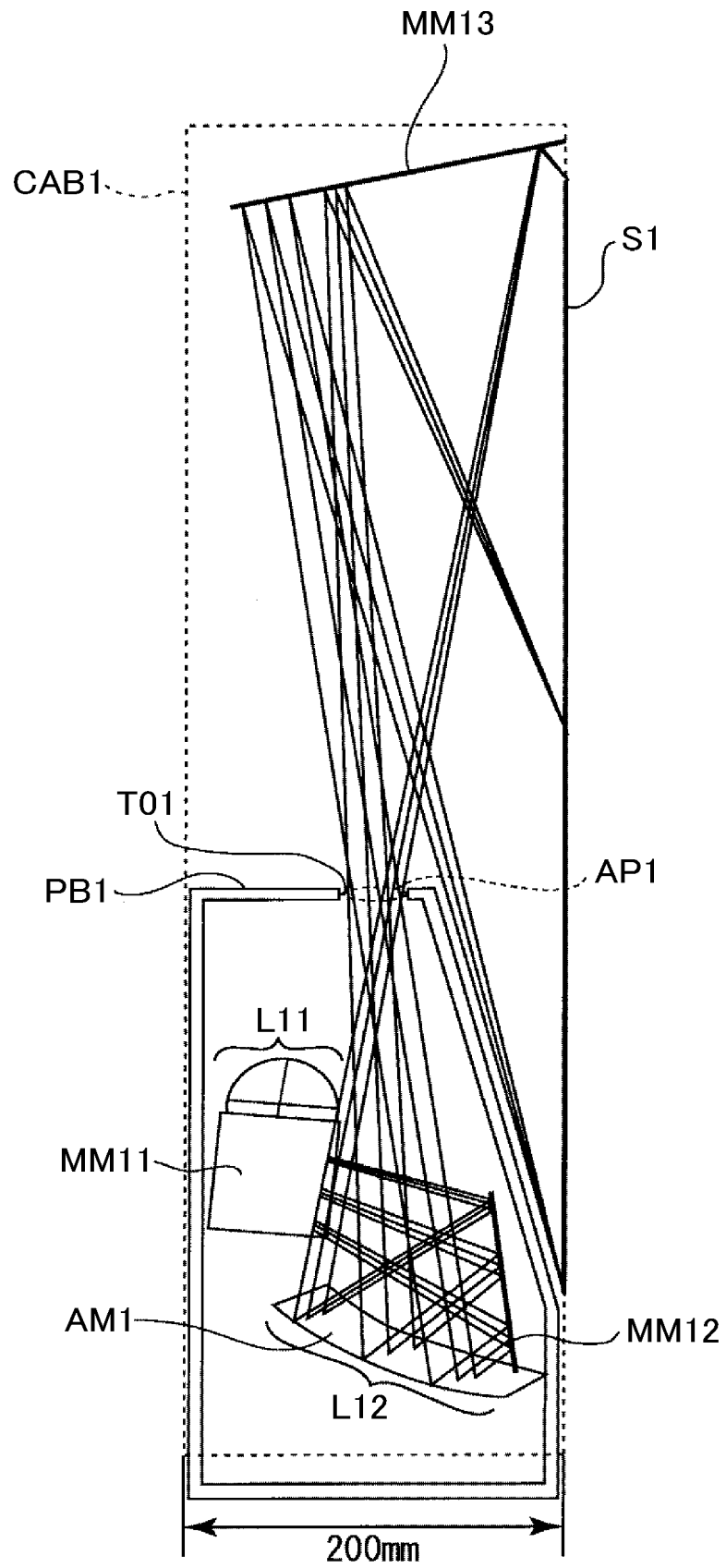
●TV歪曲図
●評価面：スクリーン面



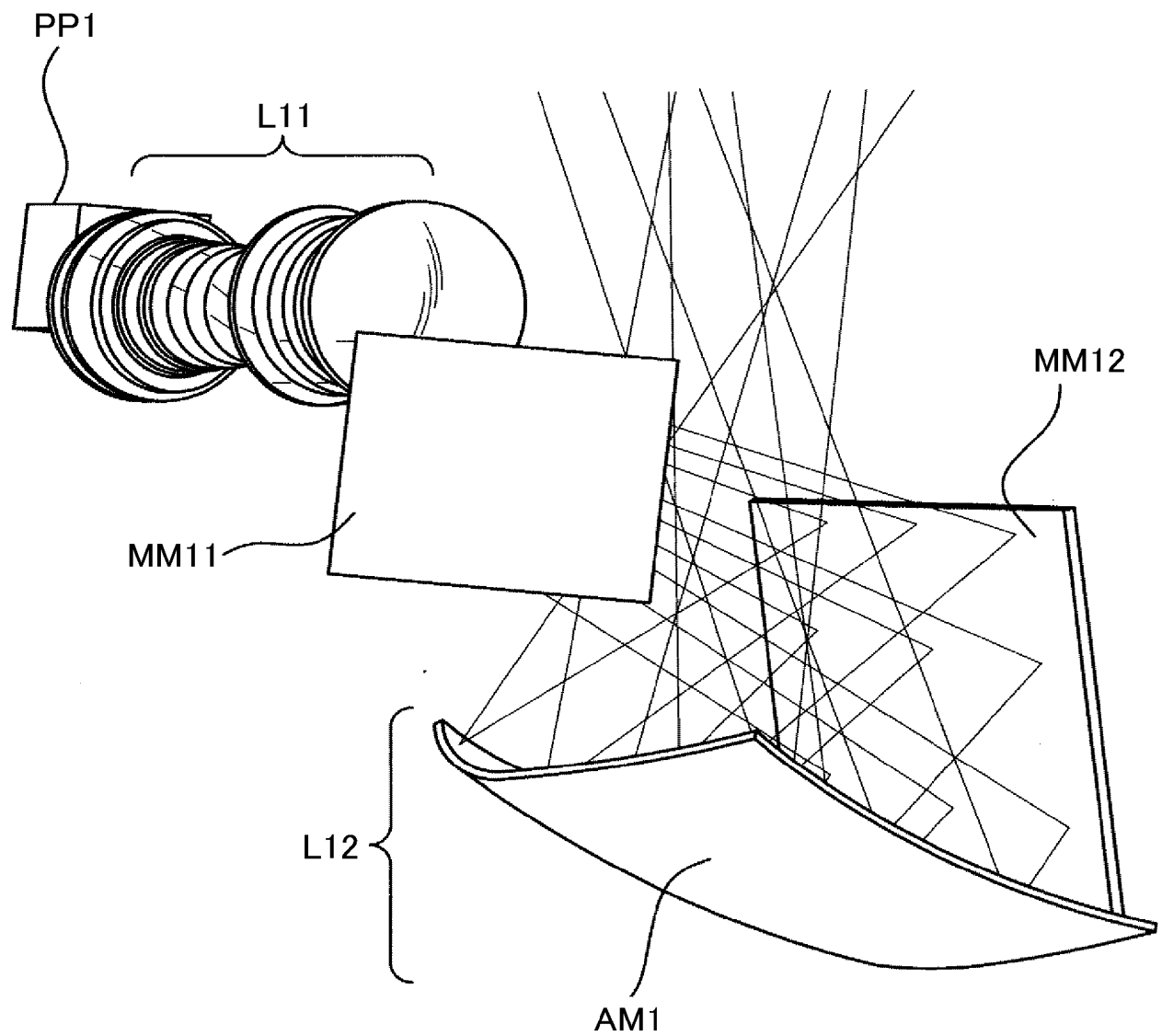
[図6]



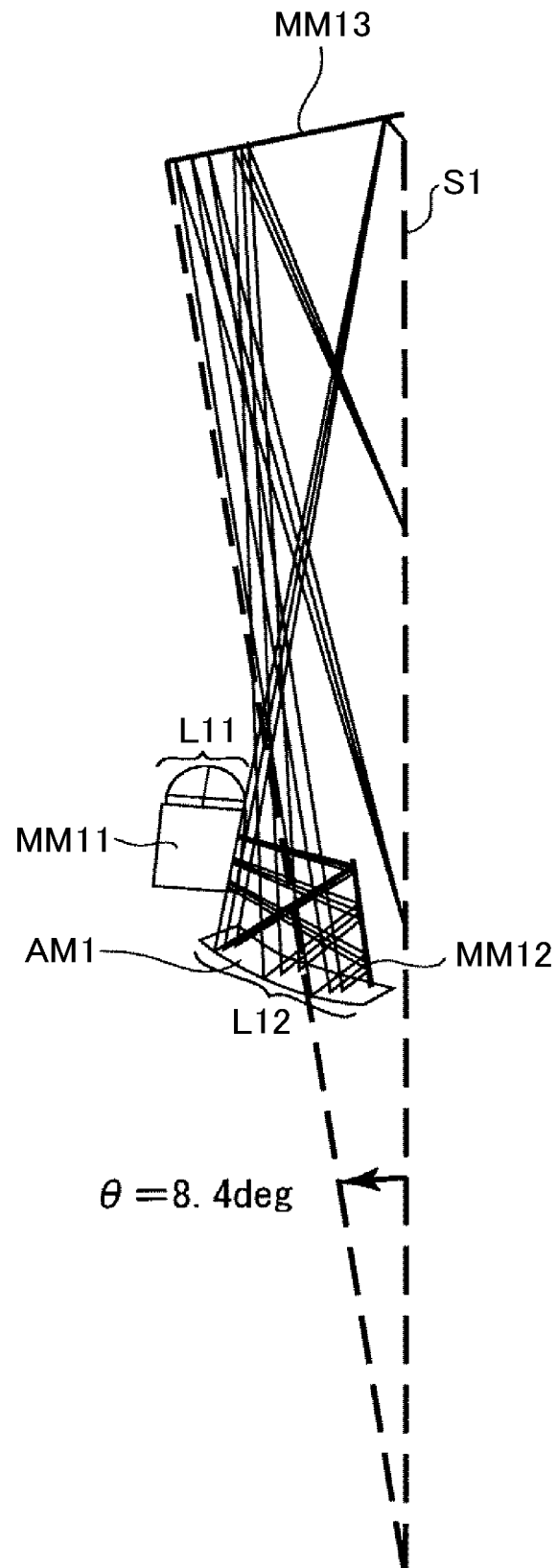
[図7]



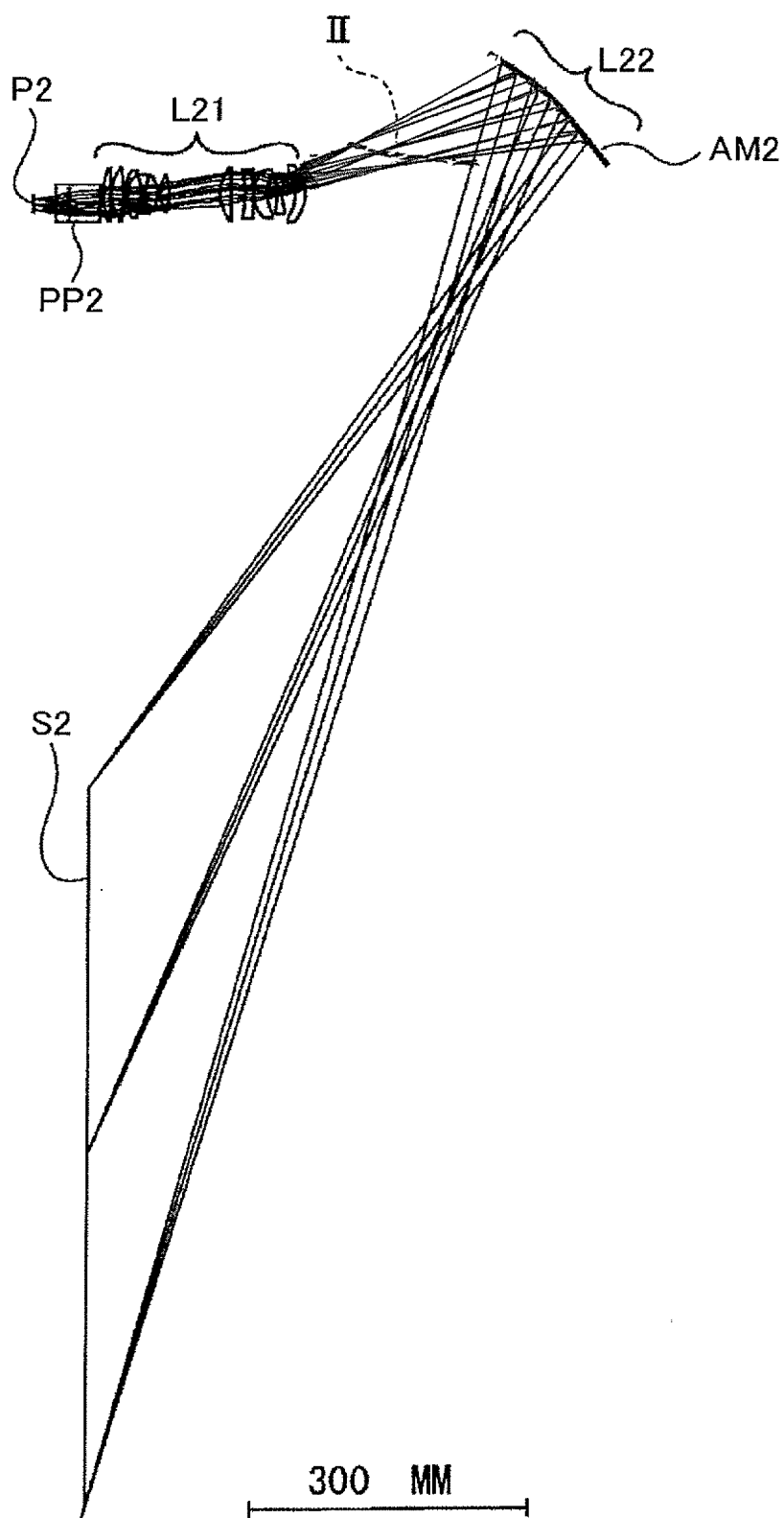
[図8]



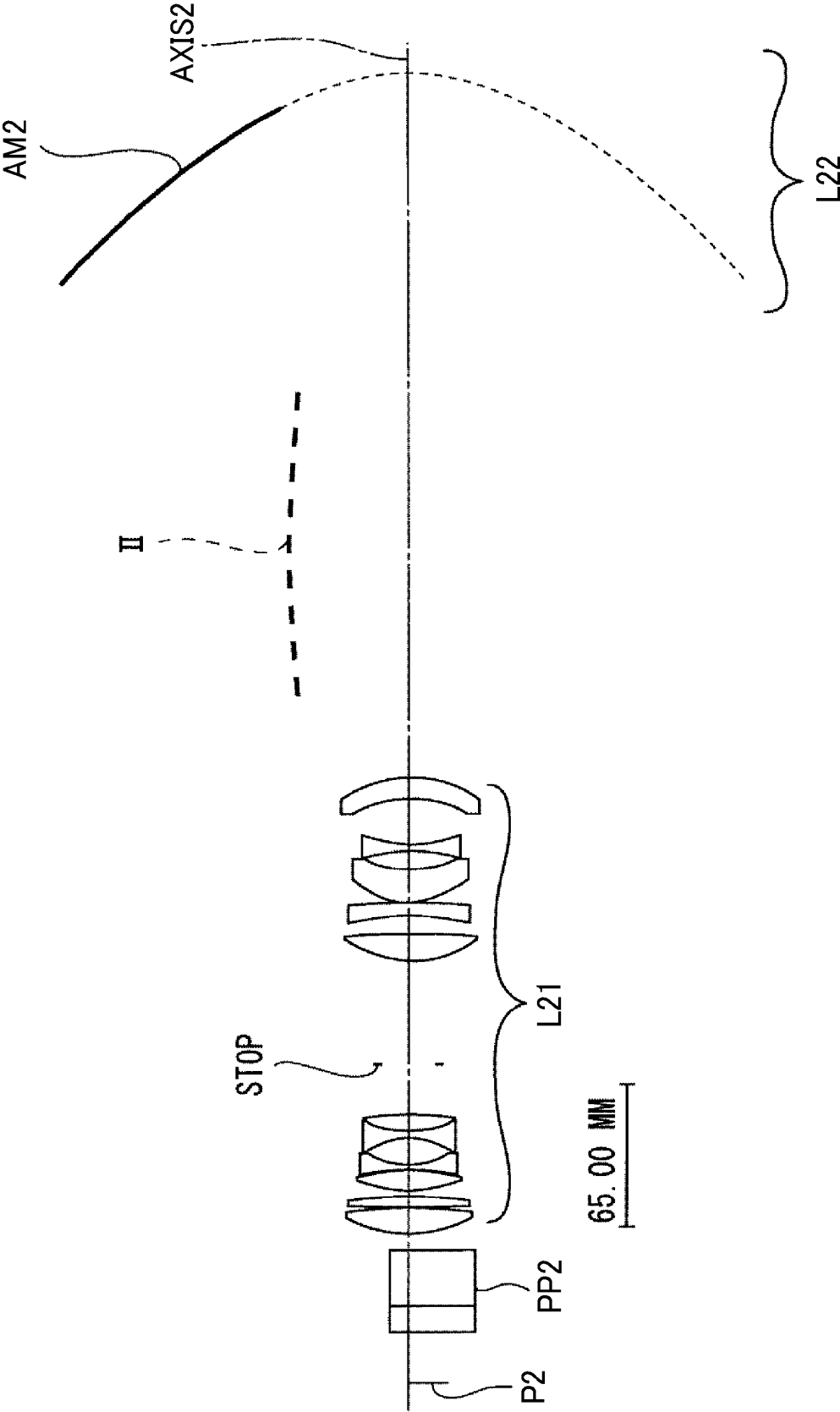
[図9]



[図10]

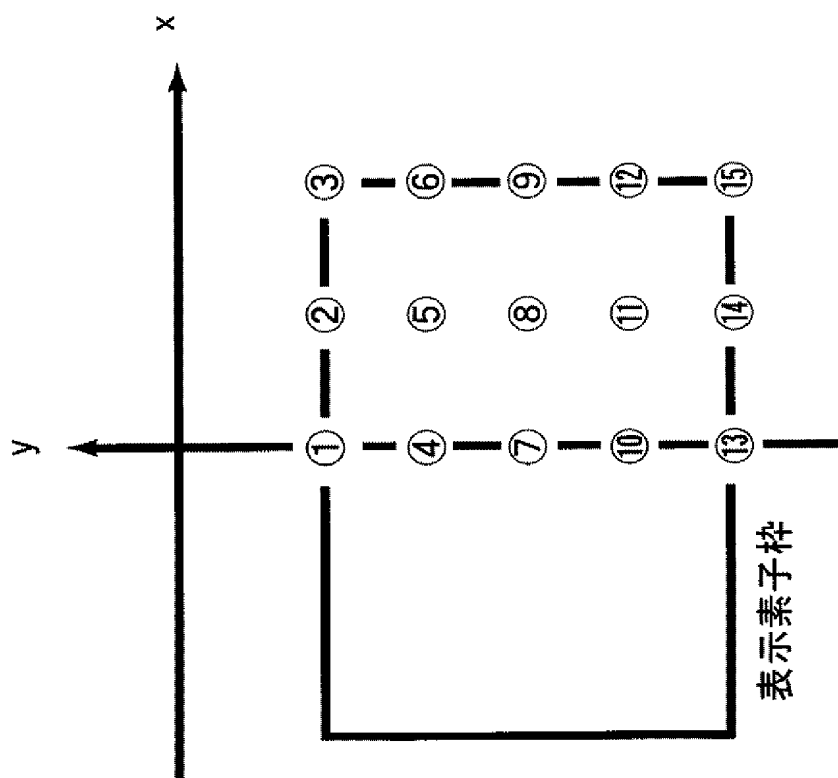


[図11]



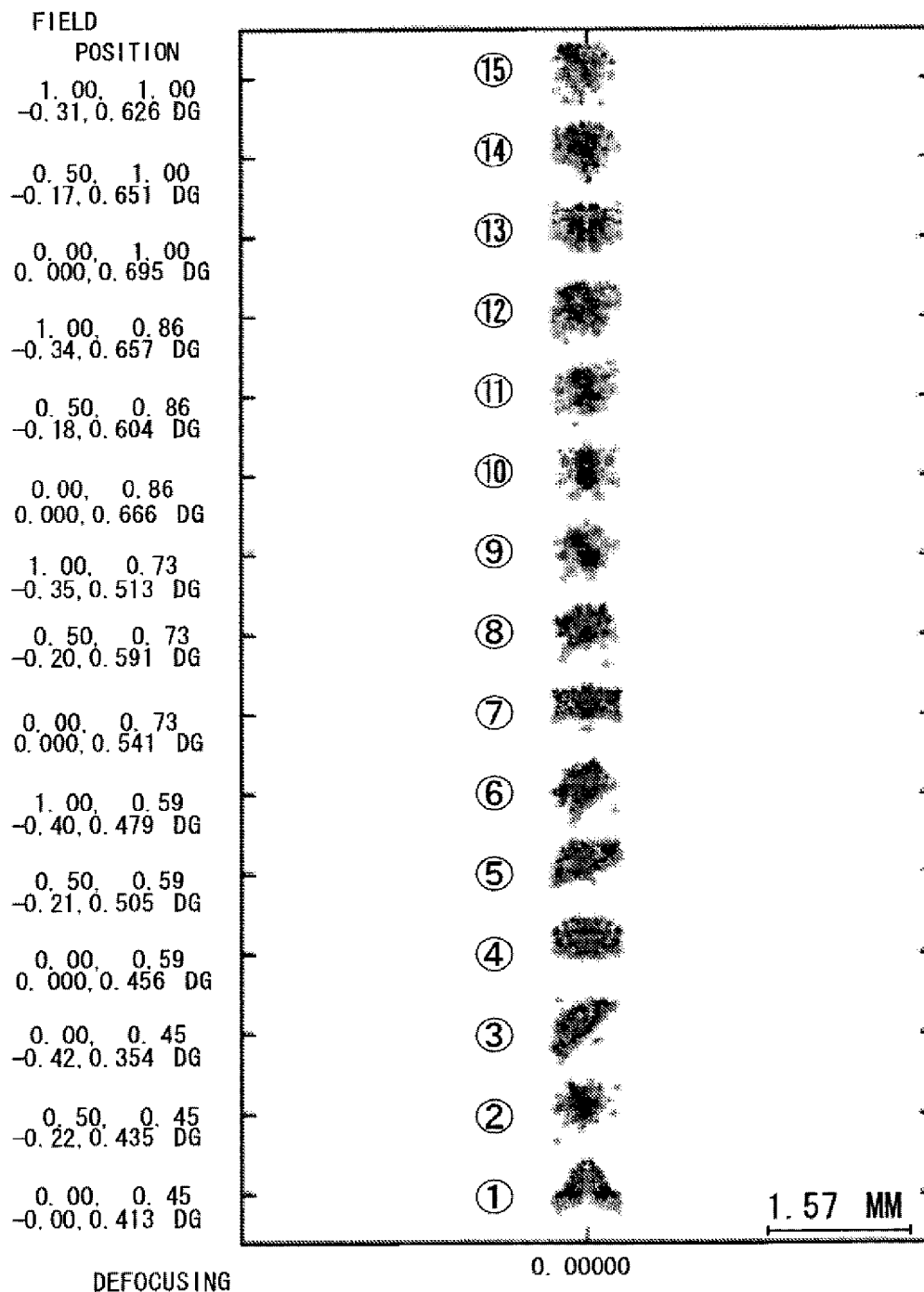
[図12]

	x	y
①	0.00	-6.20
②	3.36	-6.20
③	6.72	-6.20
④	0.00	-8.09
⑤	3.36	-8.09
⑥	6.72	-8.09
⑦	0.00	-9.98
⑧	3.36	-9.98
⑨	6.72	-9.98
⑩	0.00	-11.87
⑪	3.36	-11.87
⑫	6.72	-11.87
⑬	0.00	-13.76
⑭	3.36	-13.76
⑮	6.72	-13.76



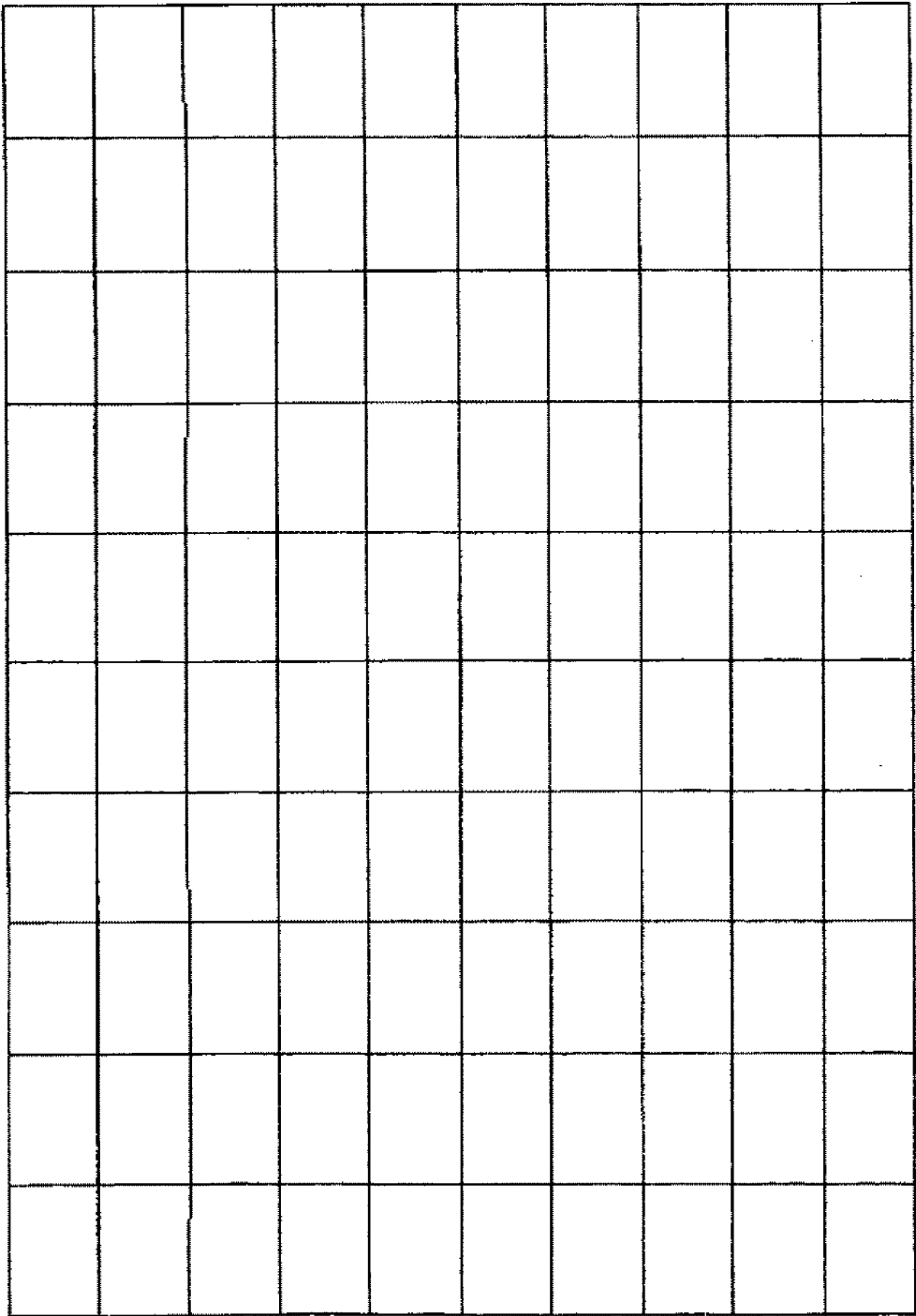
[図13]

- スポットダイアグラム(白色) スケール1.57mm(表示素子上 $7\mu\text{m} \times 2$)
- 波長とウエイト 656.3nm : 620.0nm : 546.1nm : 460.0nm : 435.8nm = 2:2:3:2:1
- 評価面: スクリーン上

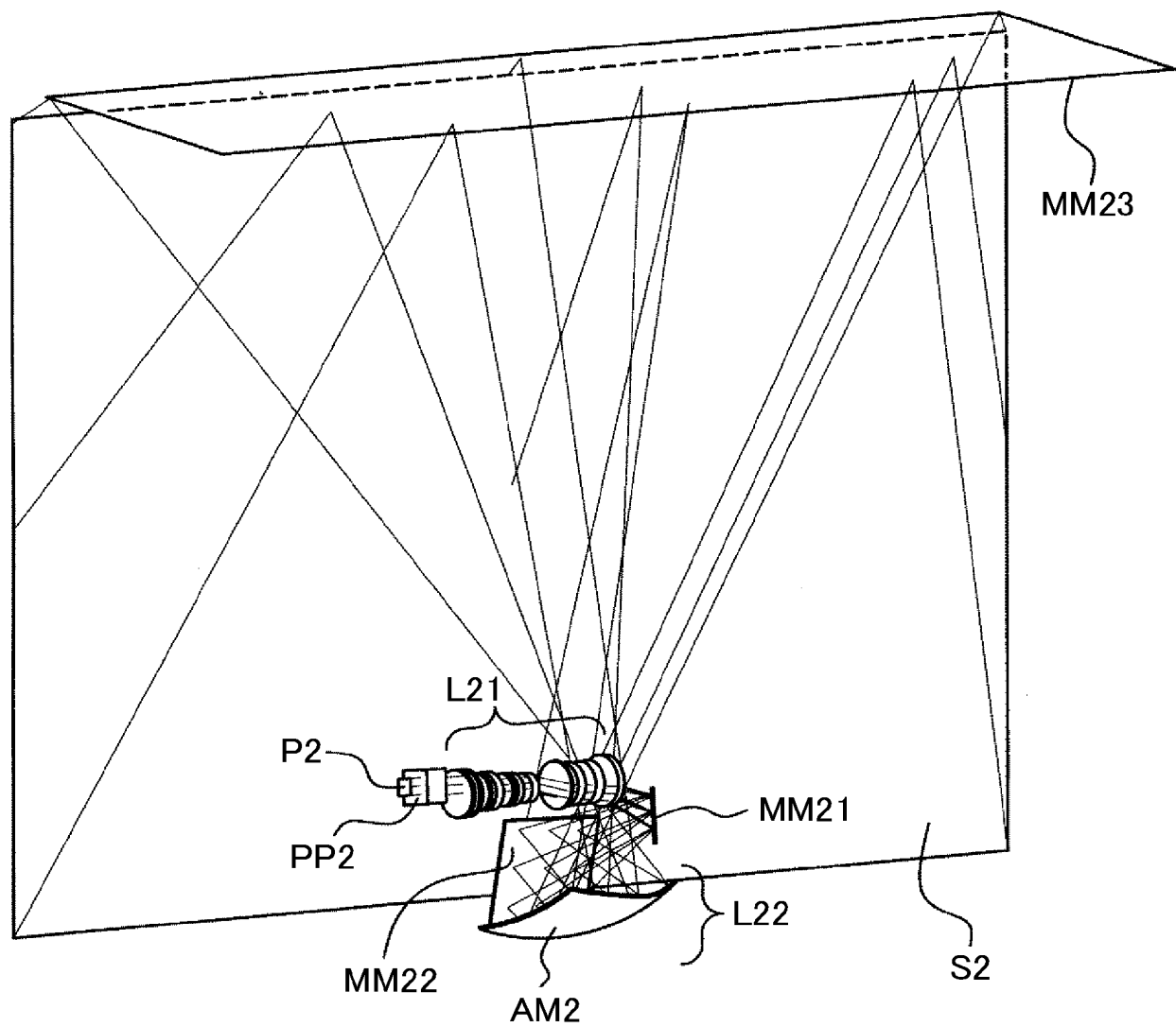


[図14]

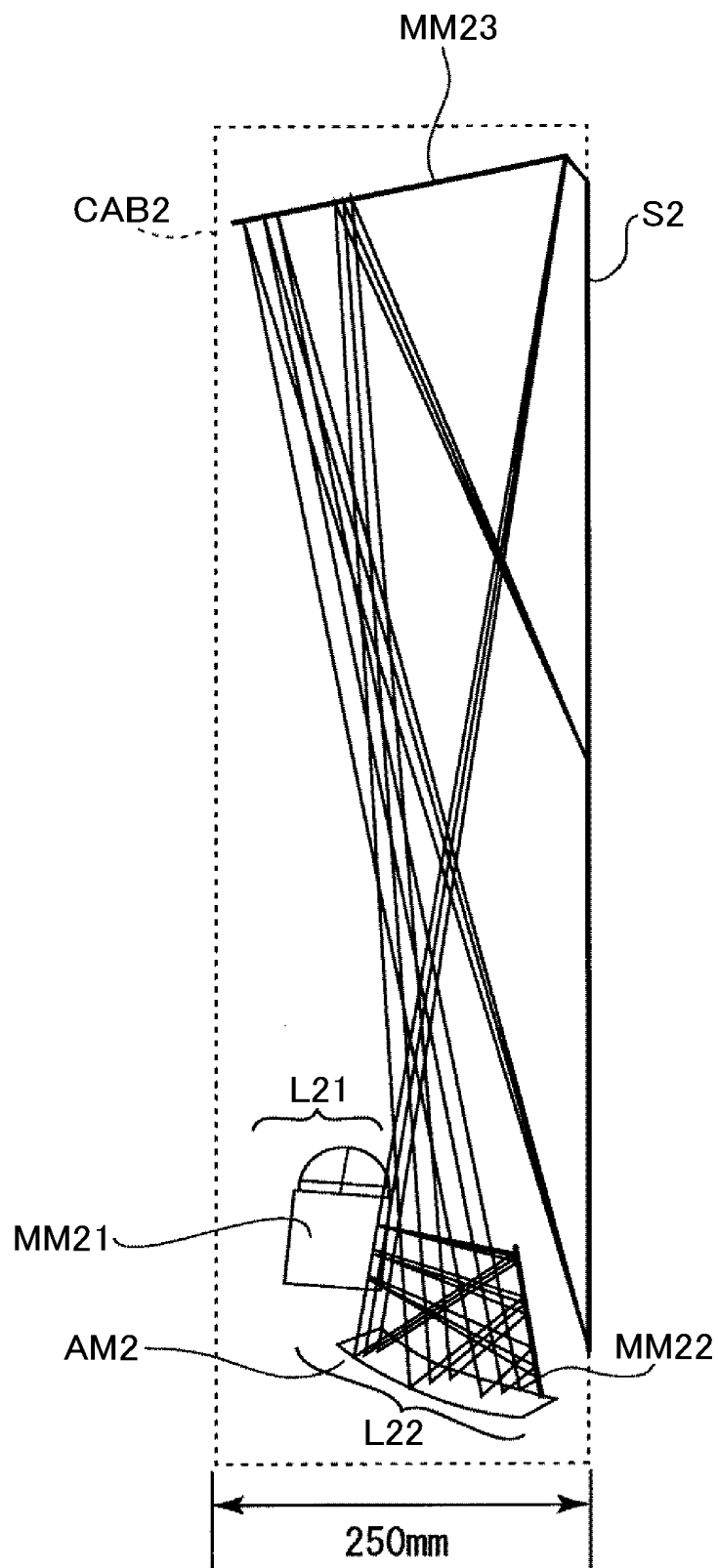
●TV歪曲図
●評価面：スクリーン面



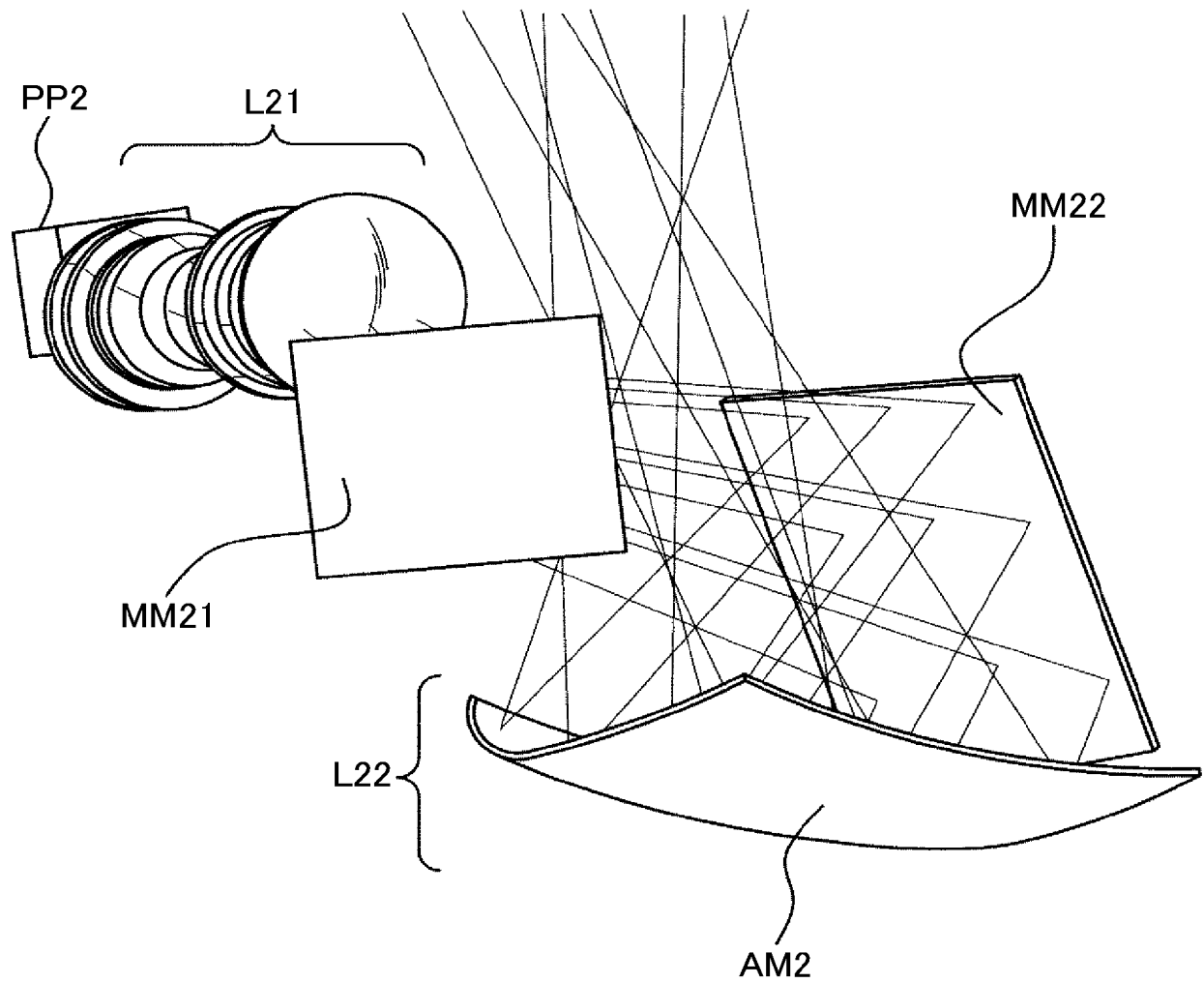
[図15]



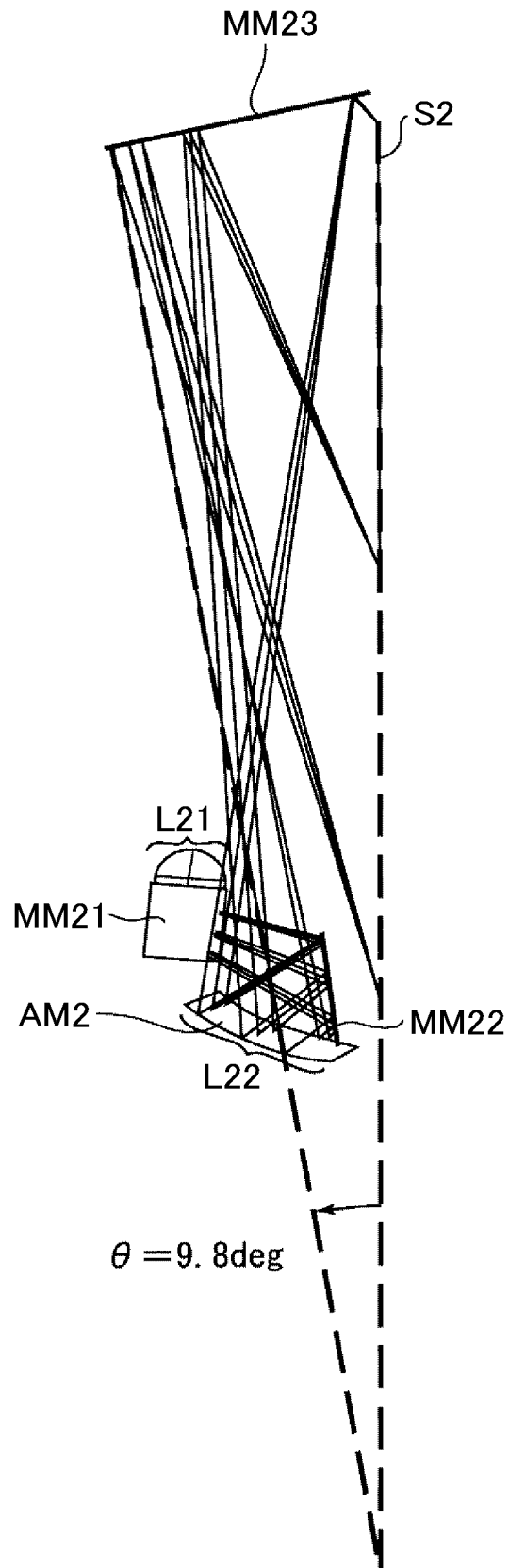
[図16]



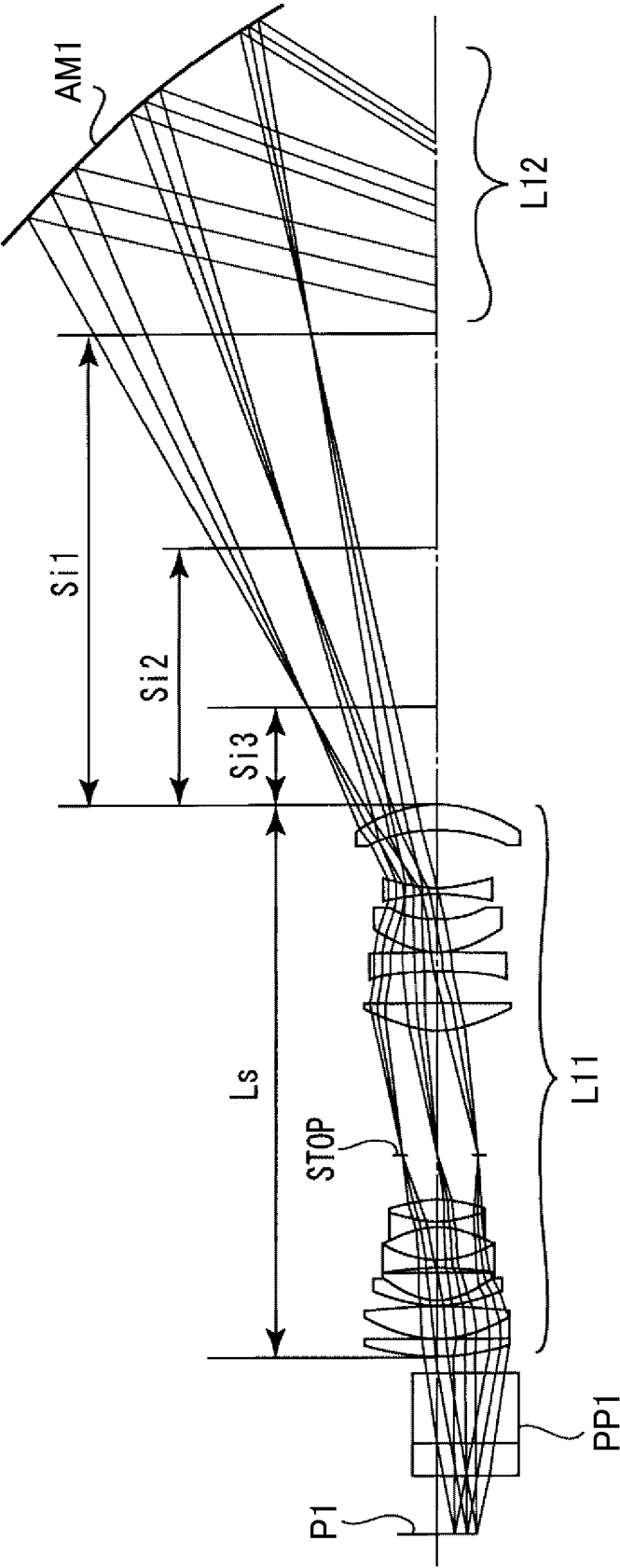
[図17]



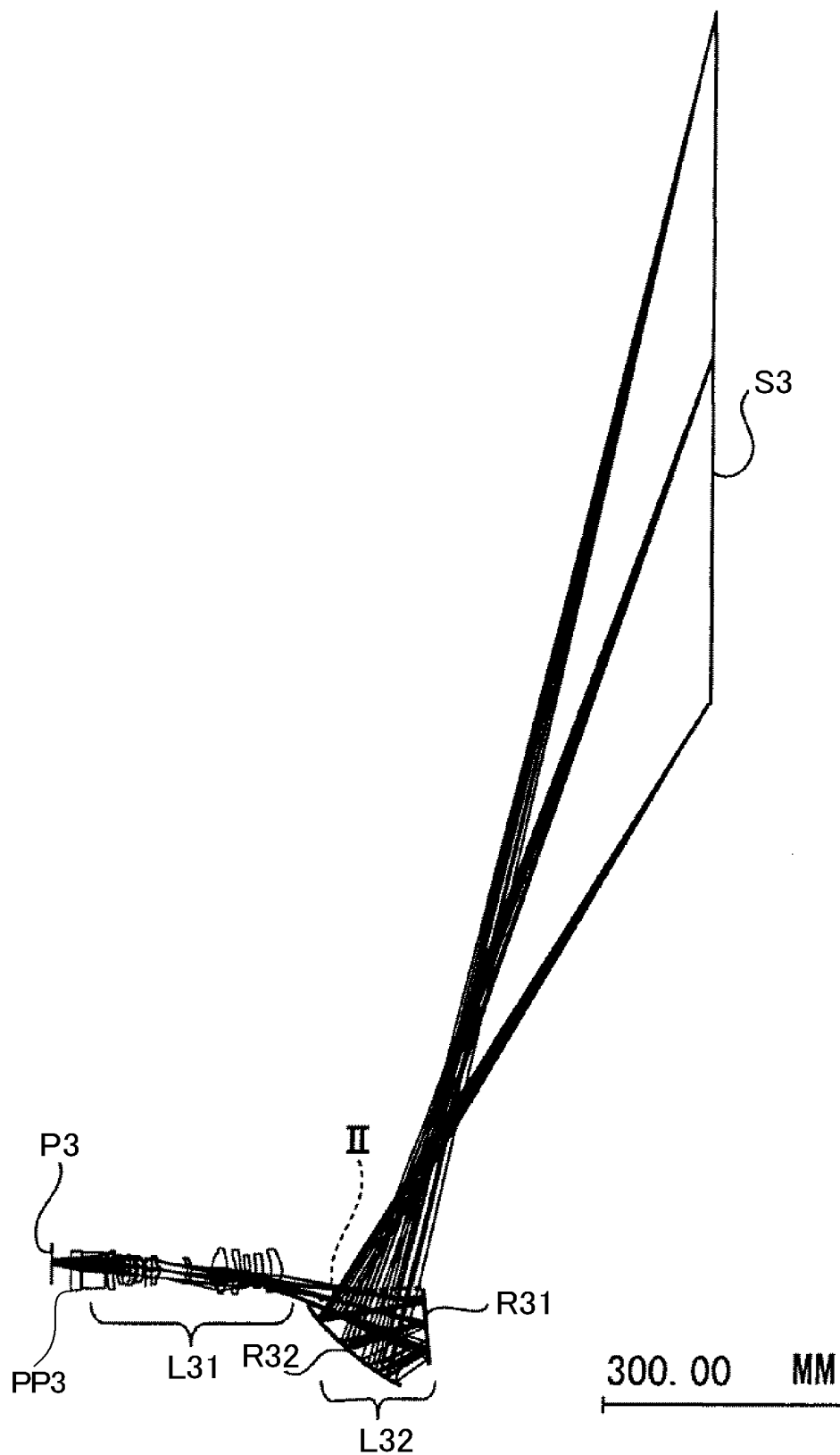
[図18]



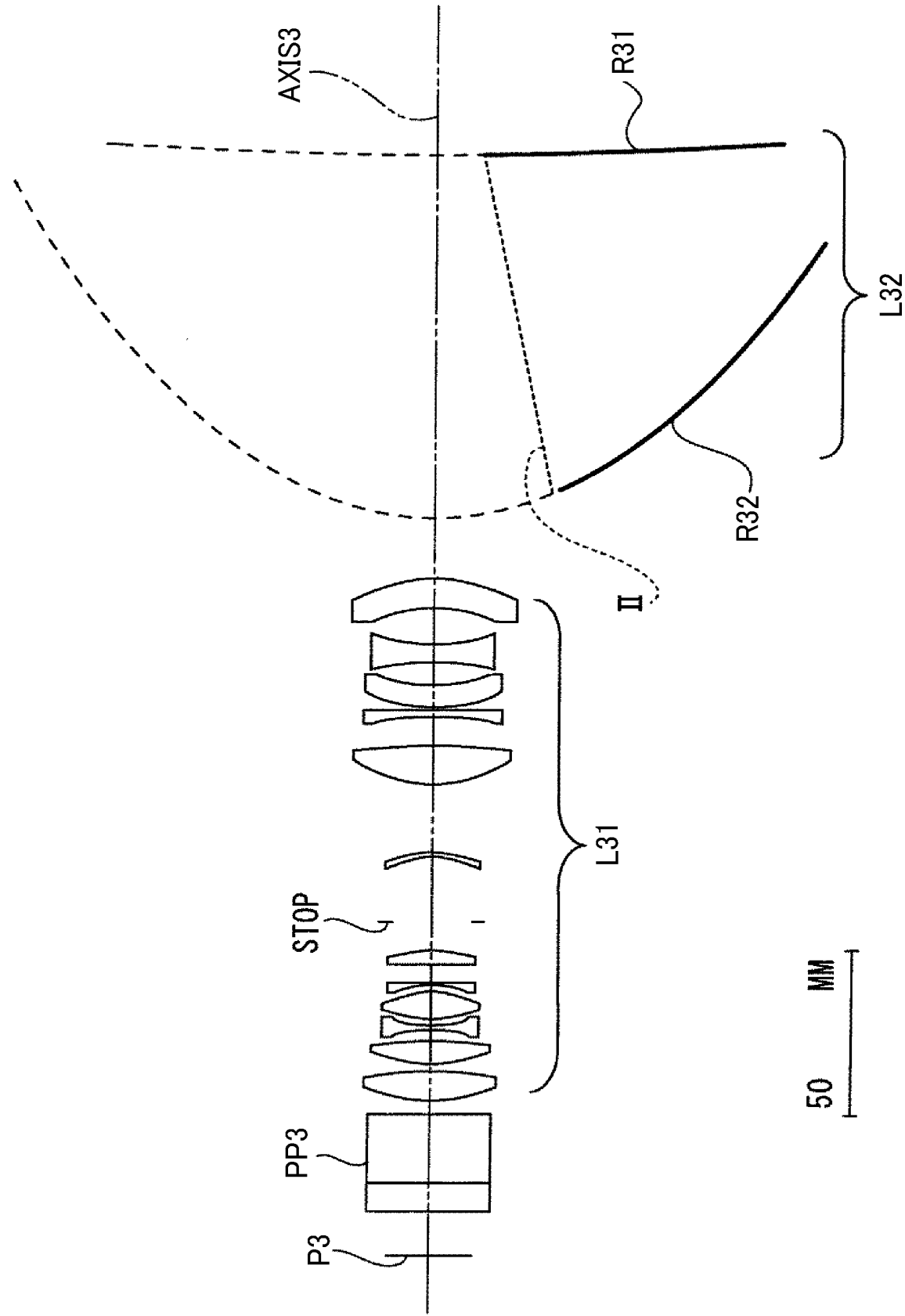
[図19]



[[図20]]



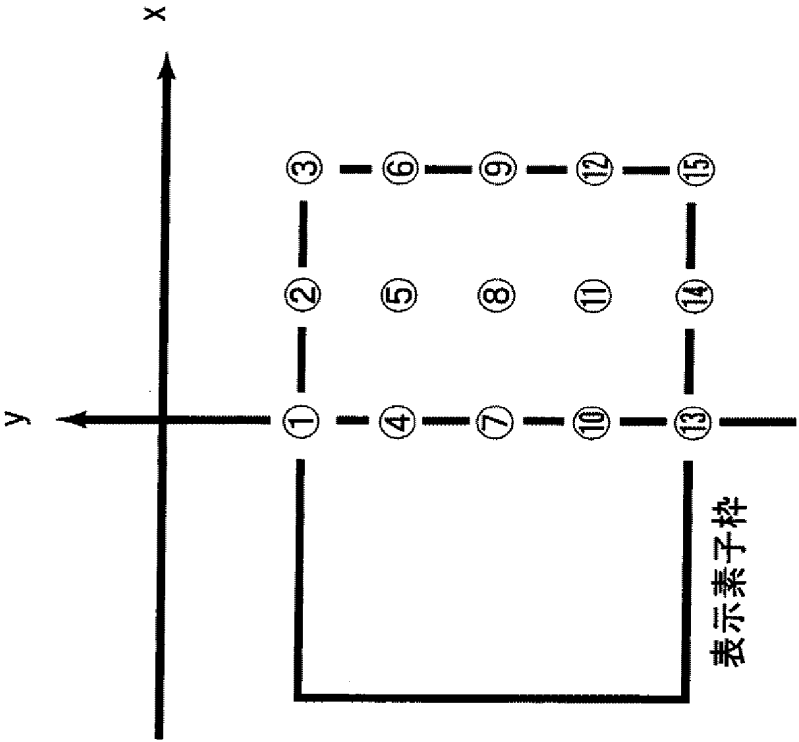
[図21]



[図22]

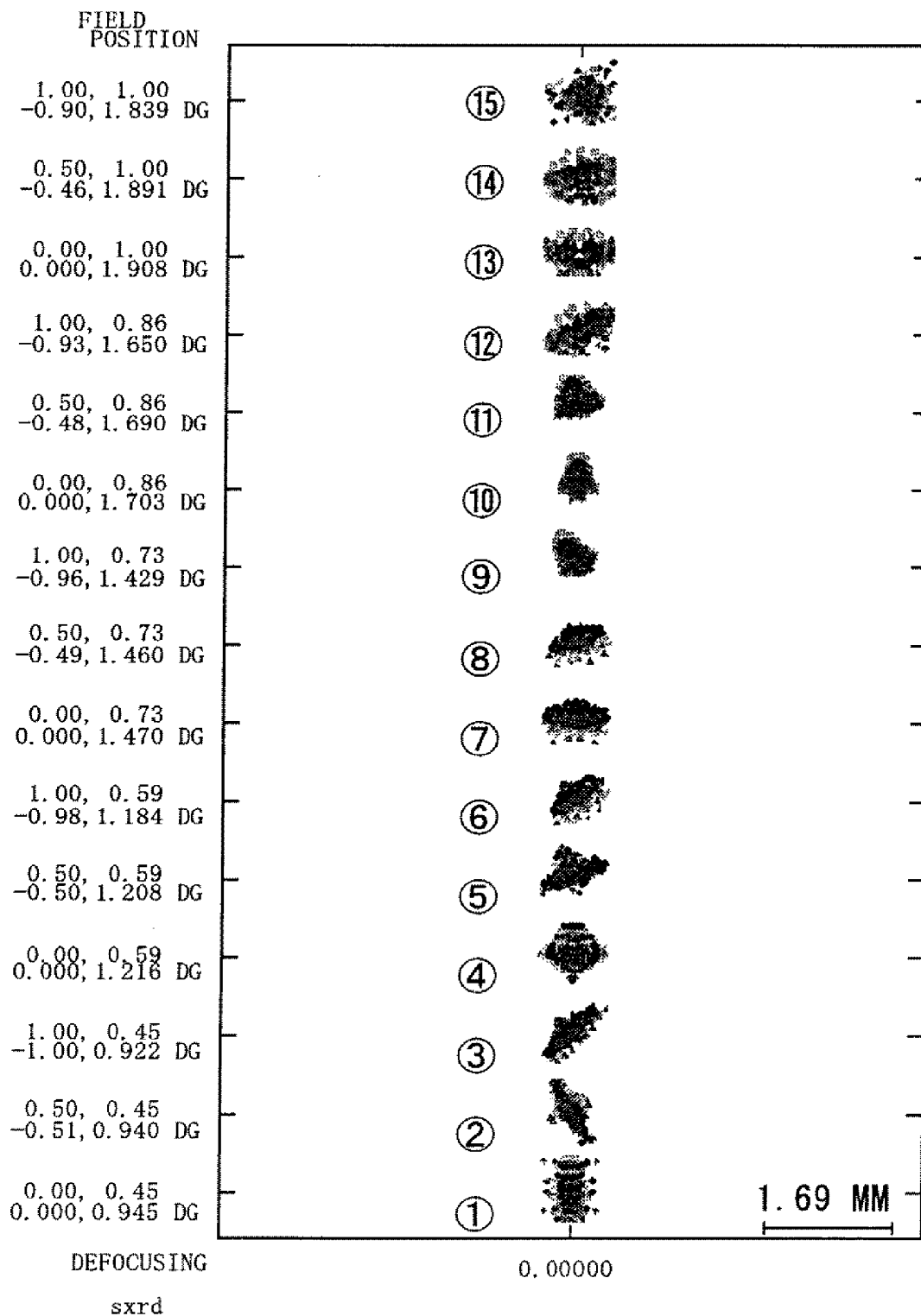
表示素子上の座標

	x	y
①	0.00	-6.20
②	3.36	-6.20
③	6.72	-6.20
④	0.00	-8.09
⑤	3.36	-8.09
⑥	6.72	-8.09
⑦	0.00	-9.98
⑧	3.36	-9.98
⑨	6.72	-9.98
⑩	0.00	-11.87
⑪	3.36	-11.87
⑫	6.72	-11.87
⑬	0.00	-13.76
⑭	3.36	-13.76
⑮	6.72	-13.76



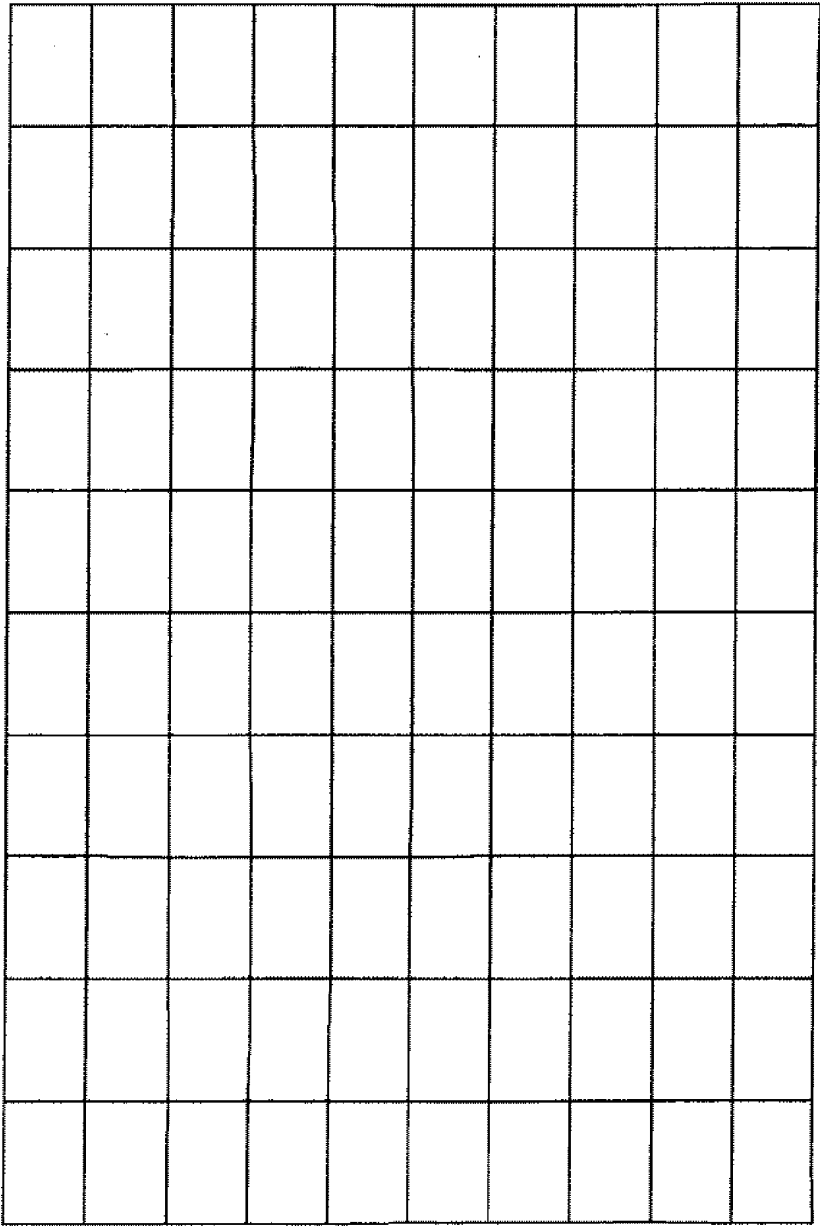
[図23]

スポットダイアグラム(白色) スケール1.69mm(表示素子上 $7\mu\text{m} \times 2$ 相当)
 ●評価面:スクリーン上
 ●x,y座標は、表示画素上の座標 (x,y)=(0,0)は光軸
 ●使用波長 656.3nm, 620.0nm, 587.6nm, 546.1nm, 460.0nm, 435.8nm

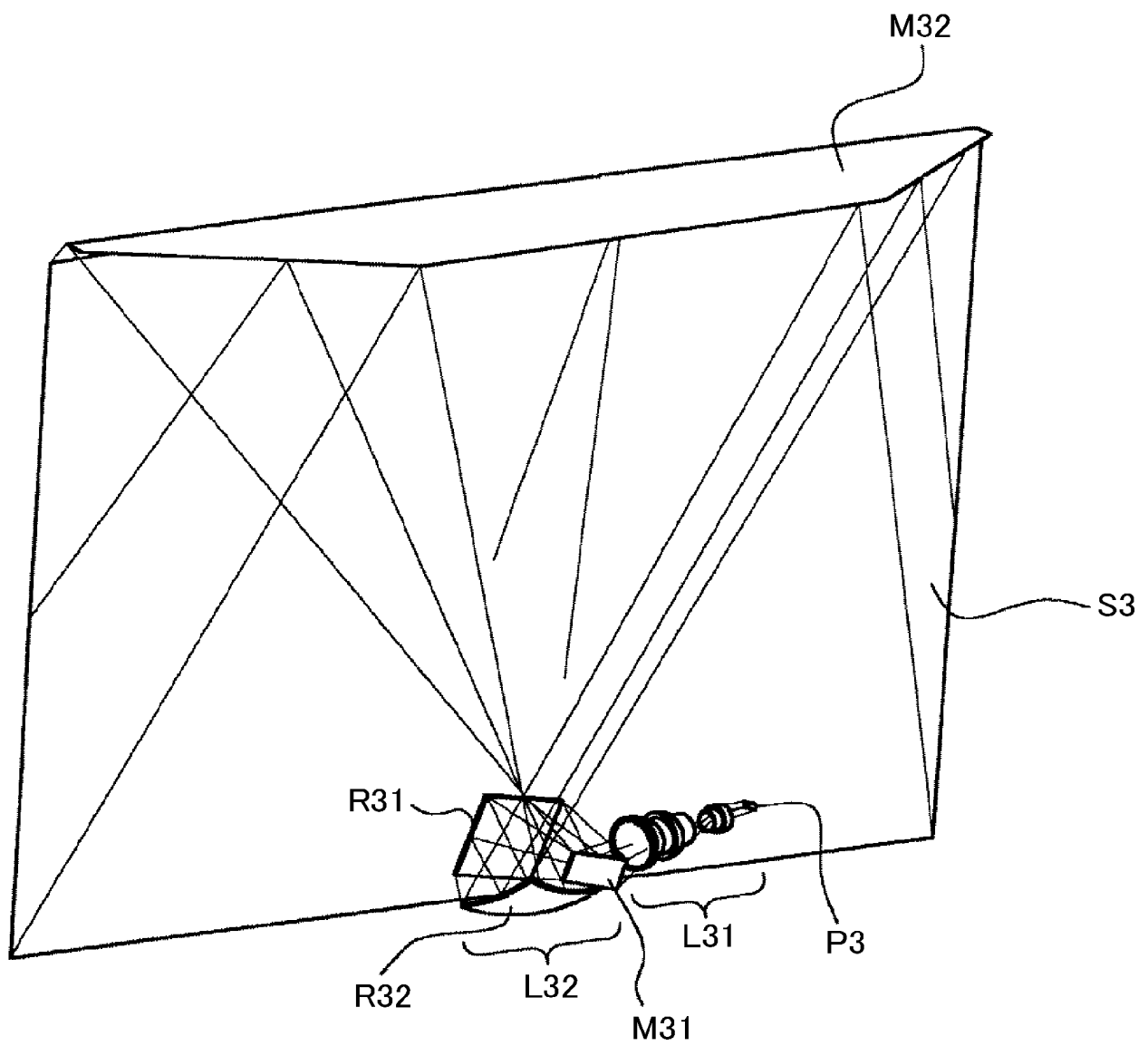


[図24]

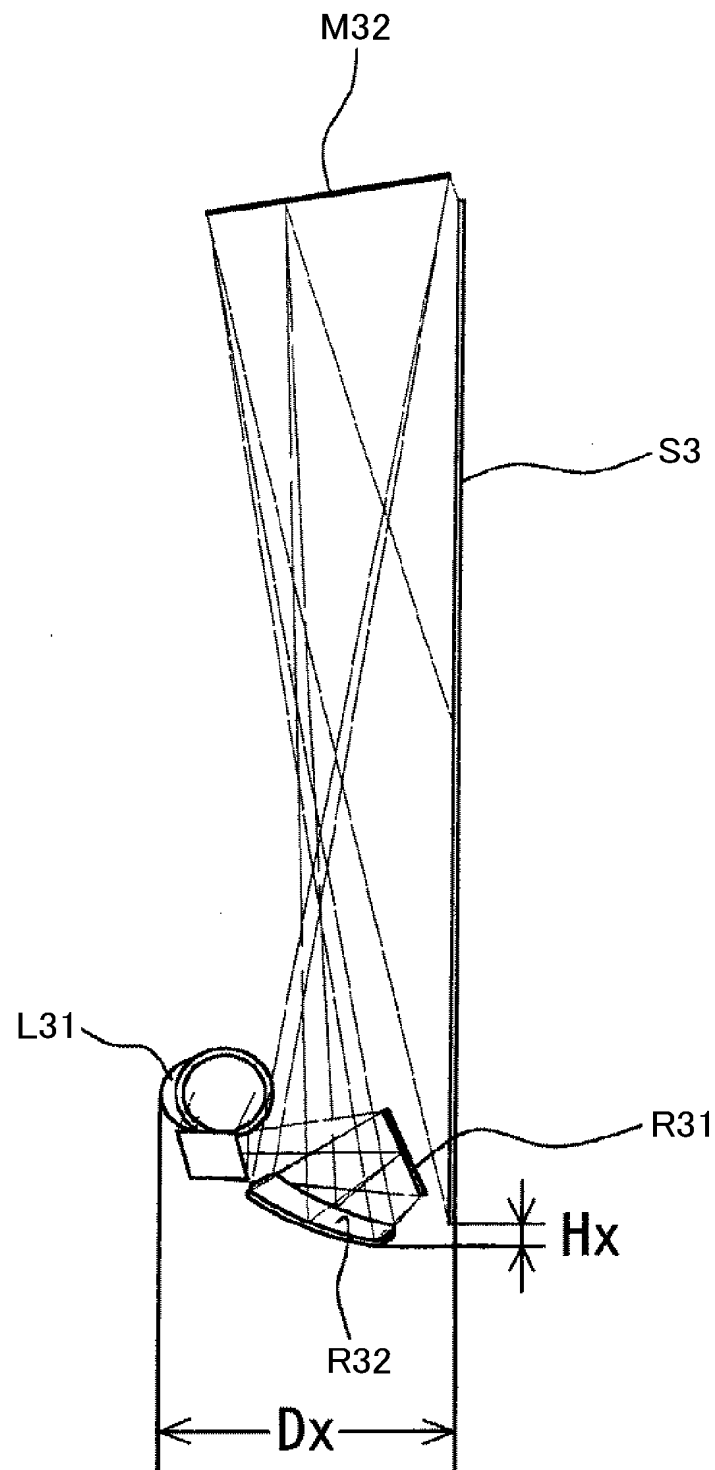
TV歪曲図
●評価面:スクリーン上



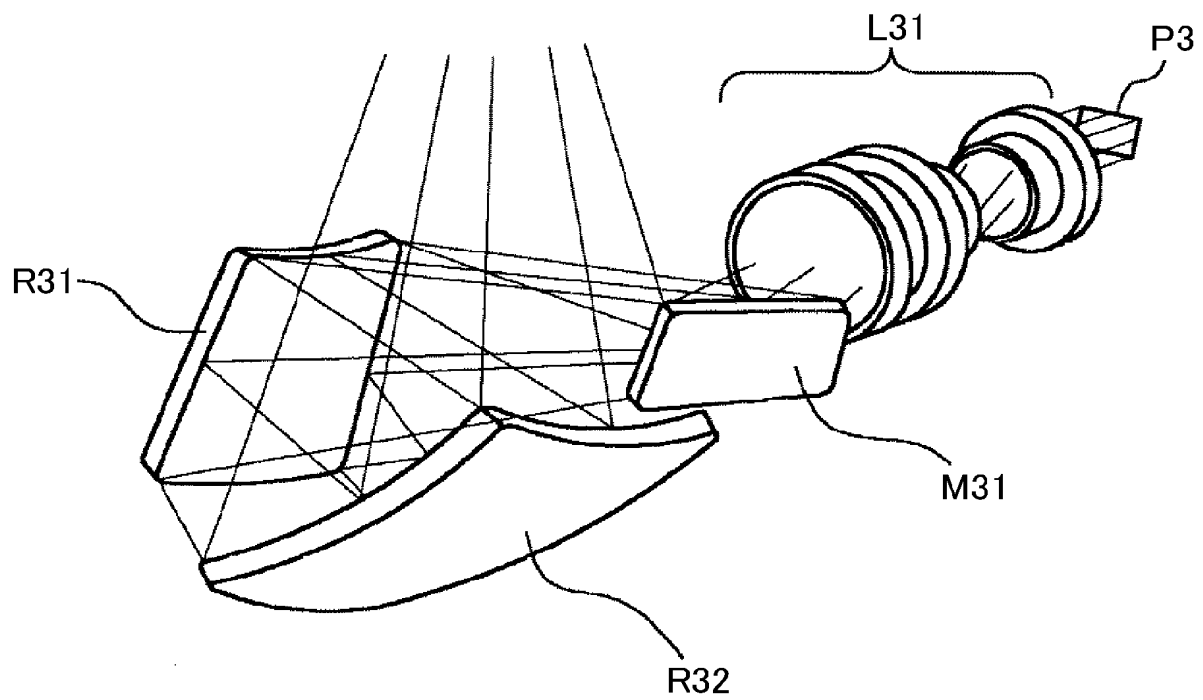
[図25]



[図26]



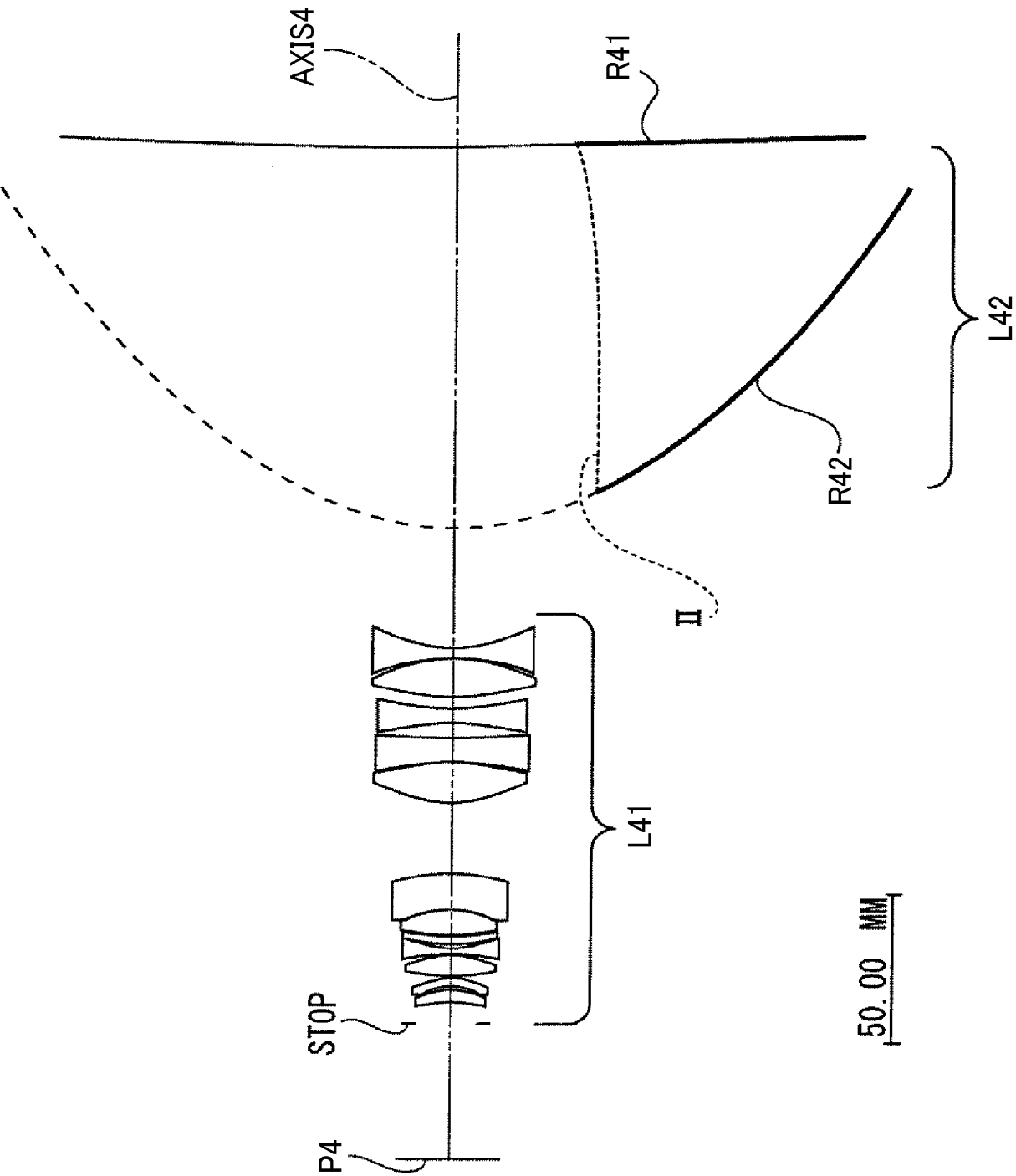
[図27]



[図28]



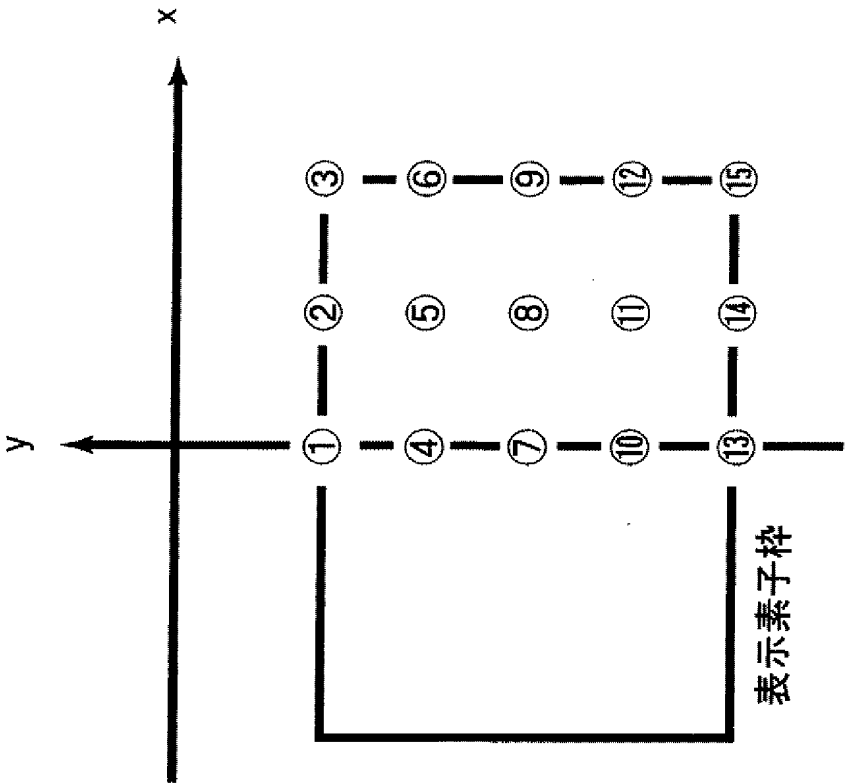
[図29]



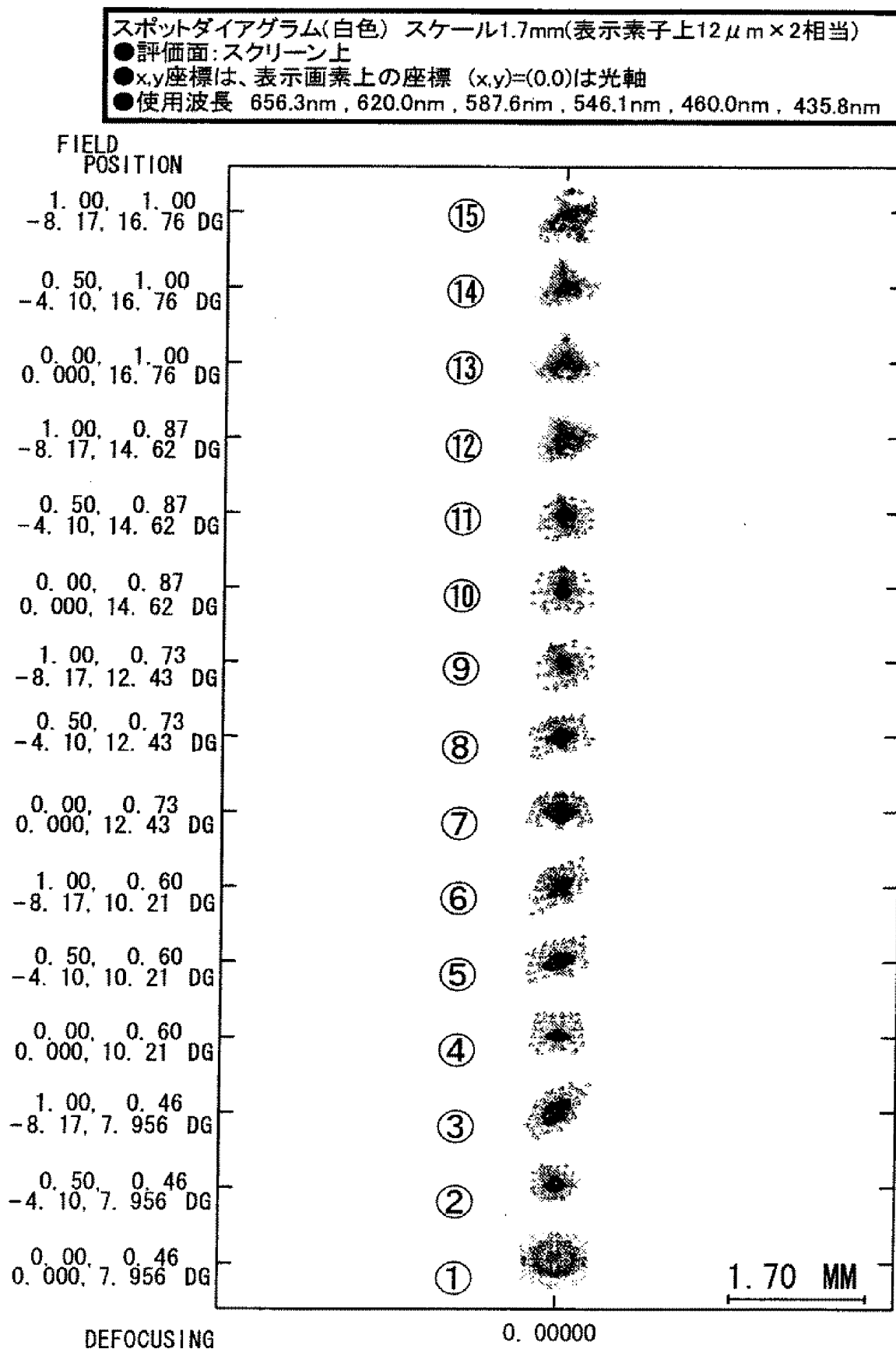
[図30]

表示素子上の座標

	x	y
①	0.00	-7.55
②	3.87	-7.55
③	7.75	-7.55
④	0.00	-9.73
⑤	3.87	-9.73
⑥	7.75	-9.73
⑦	0.00	-11.91
⑧	3.87	-11.91
⑨	7.75	-11.91
⑩	0.00	-14.08
⑪	3.87	-14.08
⑫	7.75	-14.08
⑬	0.00	-16.26
⑭	3.87	-16.26
⑮	7.75	-16.26

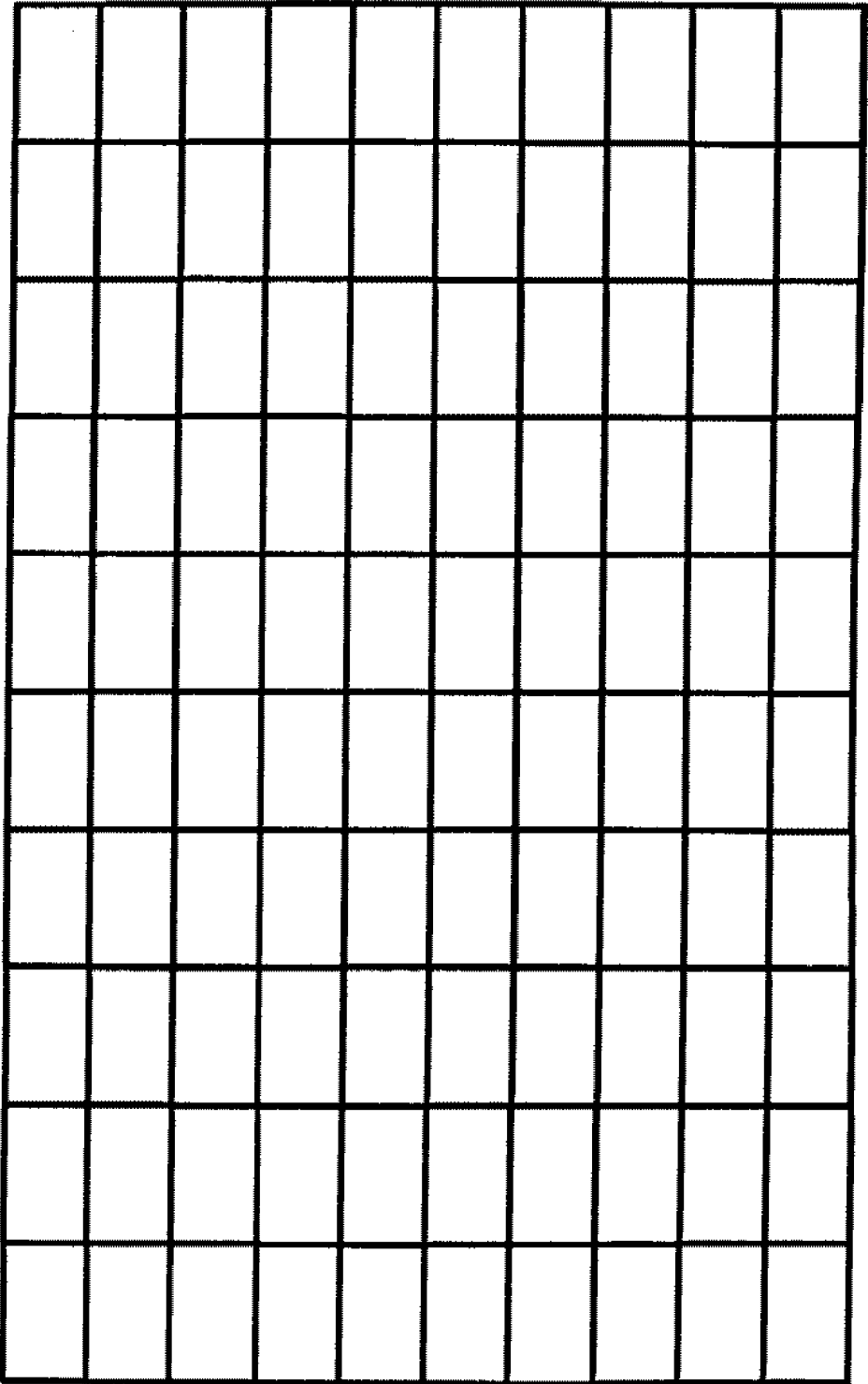


[図31]

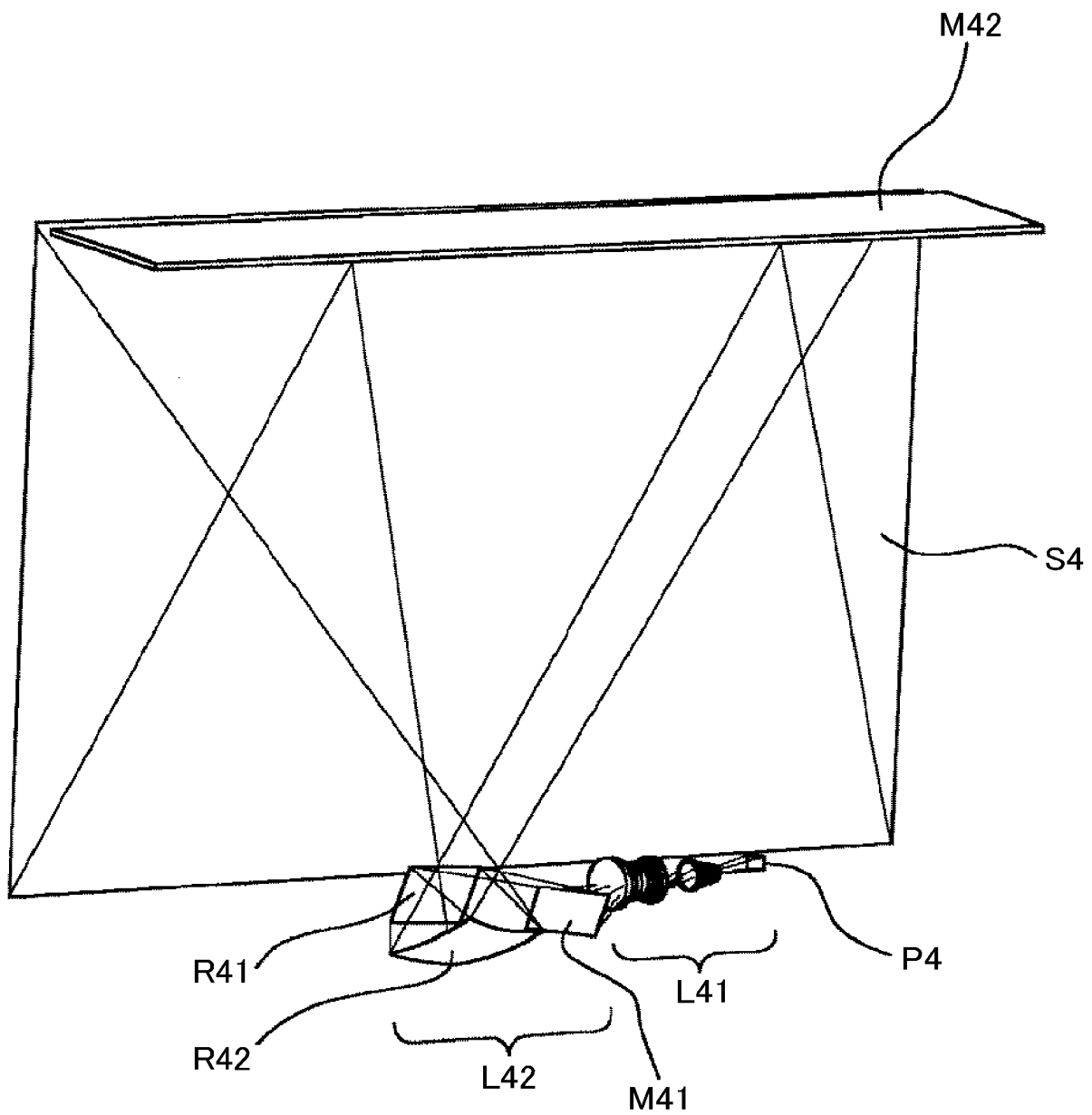


[図32]

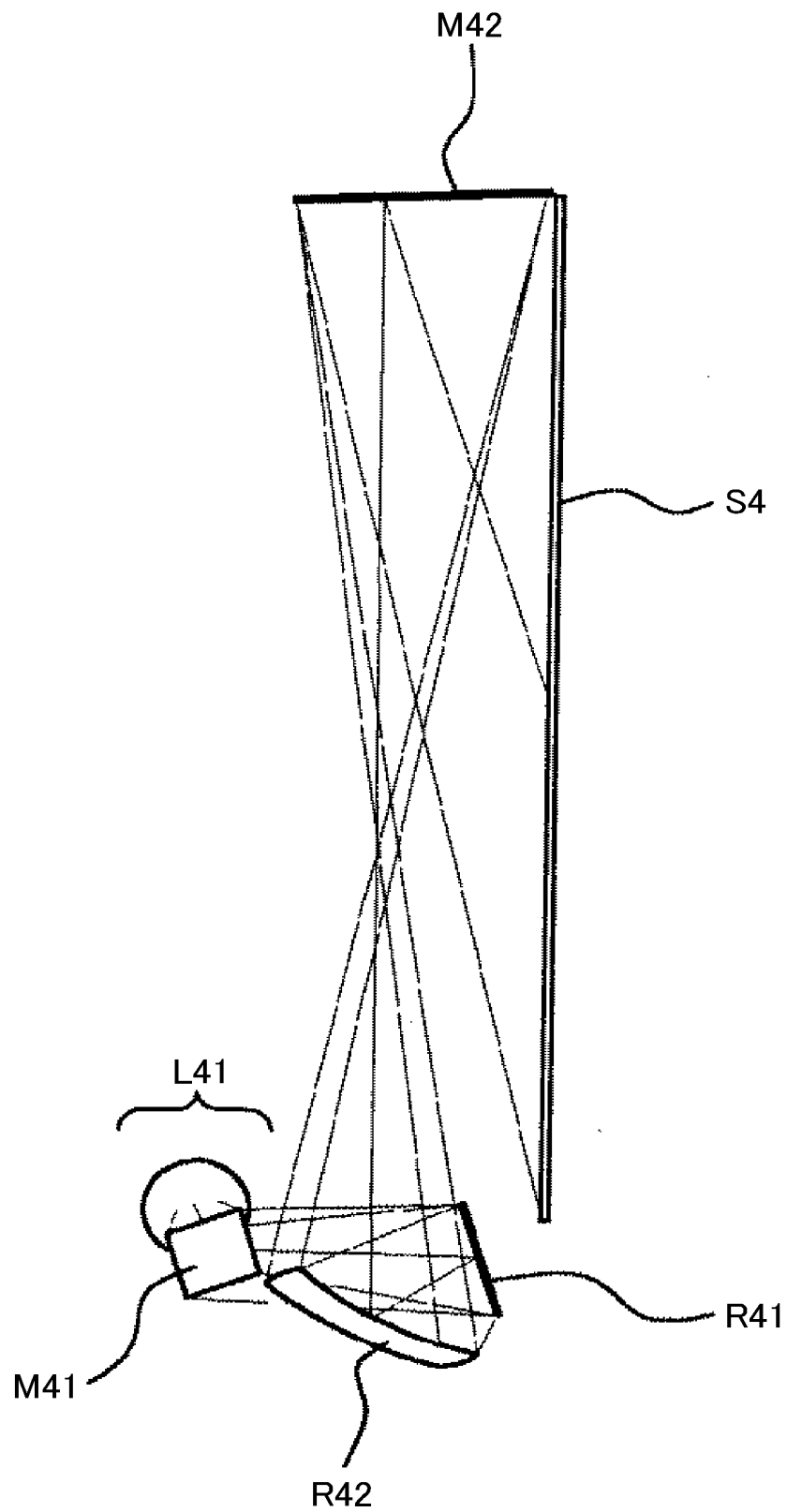
TV歪曲図
●評価面:スクリーン上



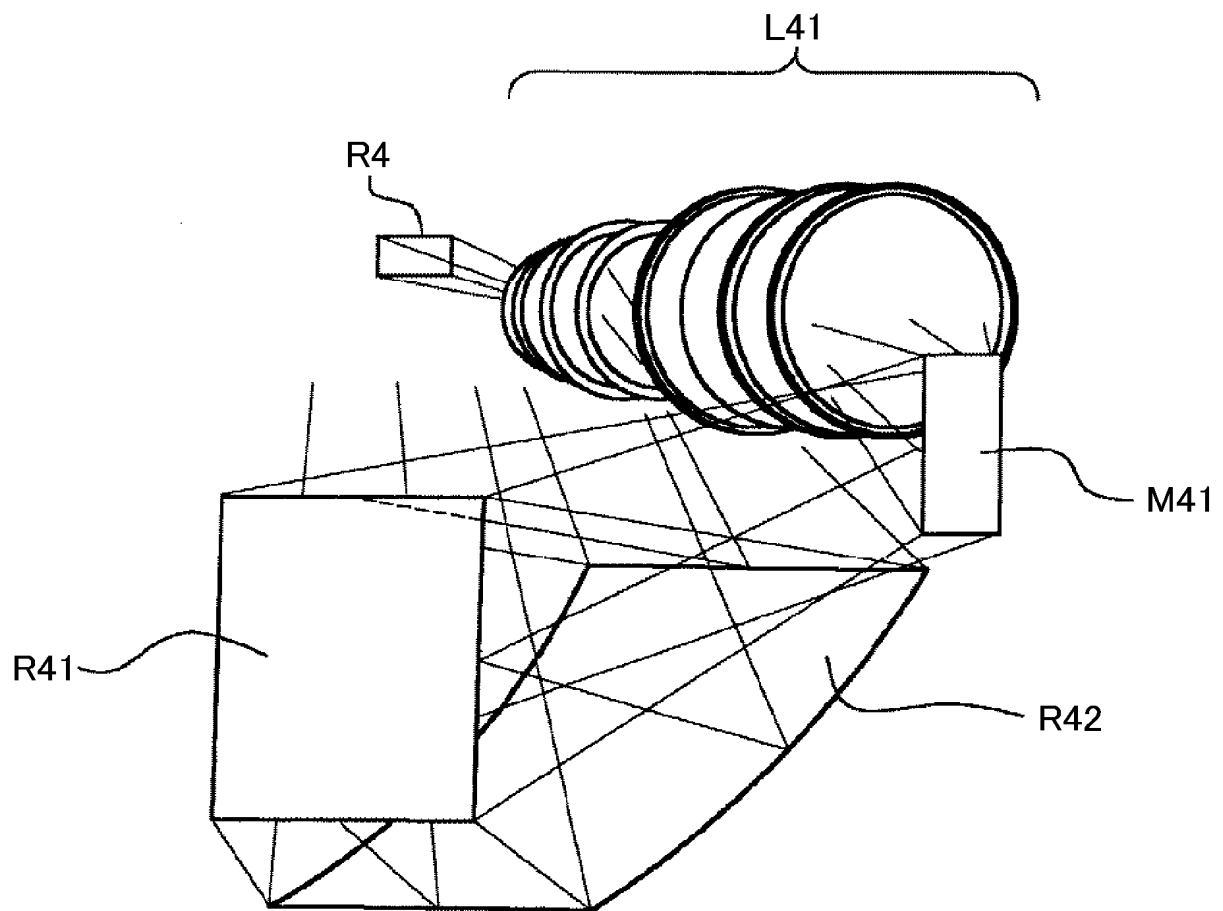
[図33]



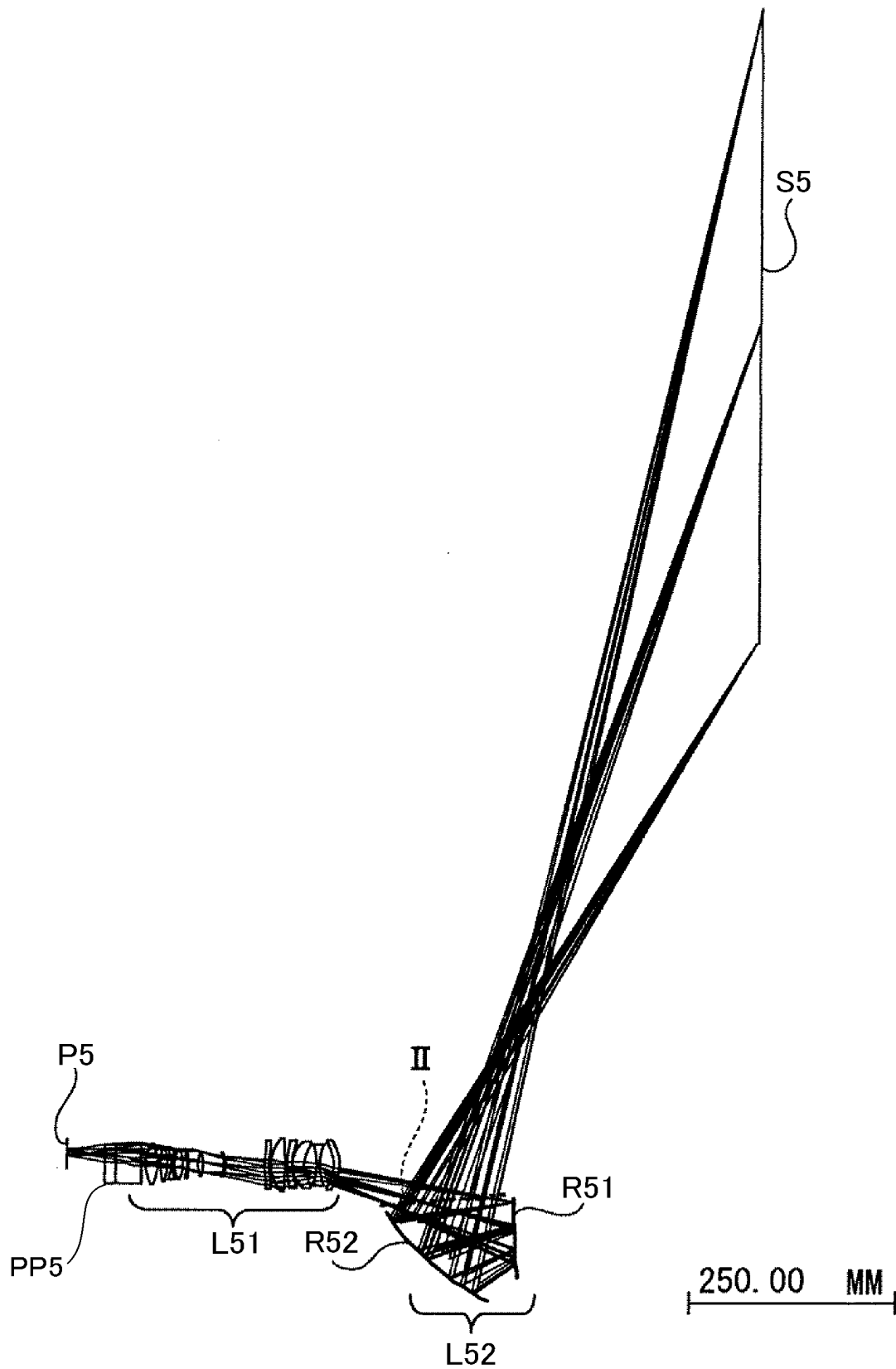
[図34]



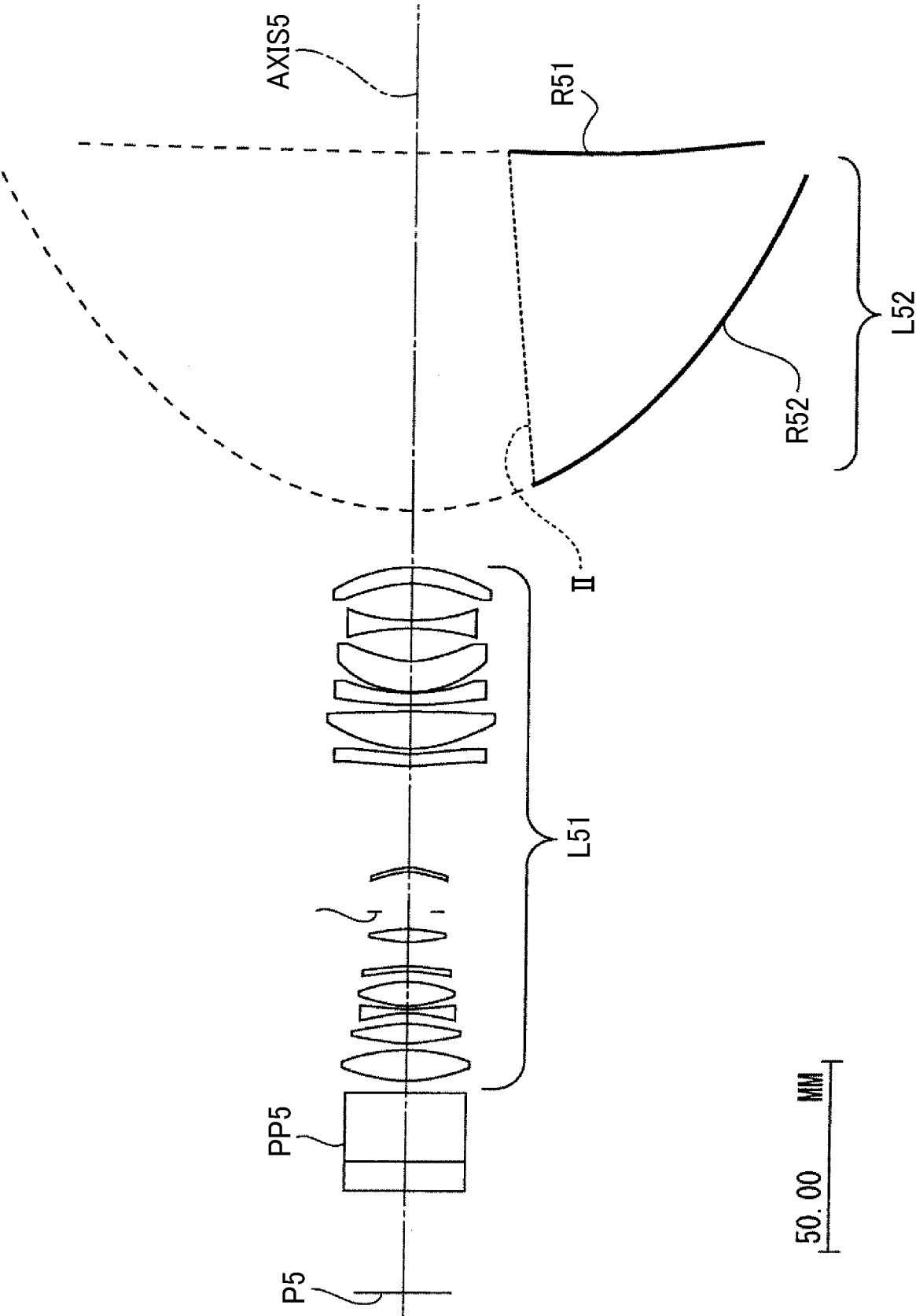
[図35]



[図36]



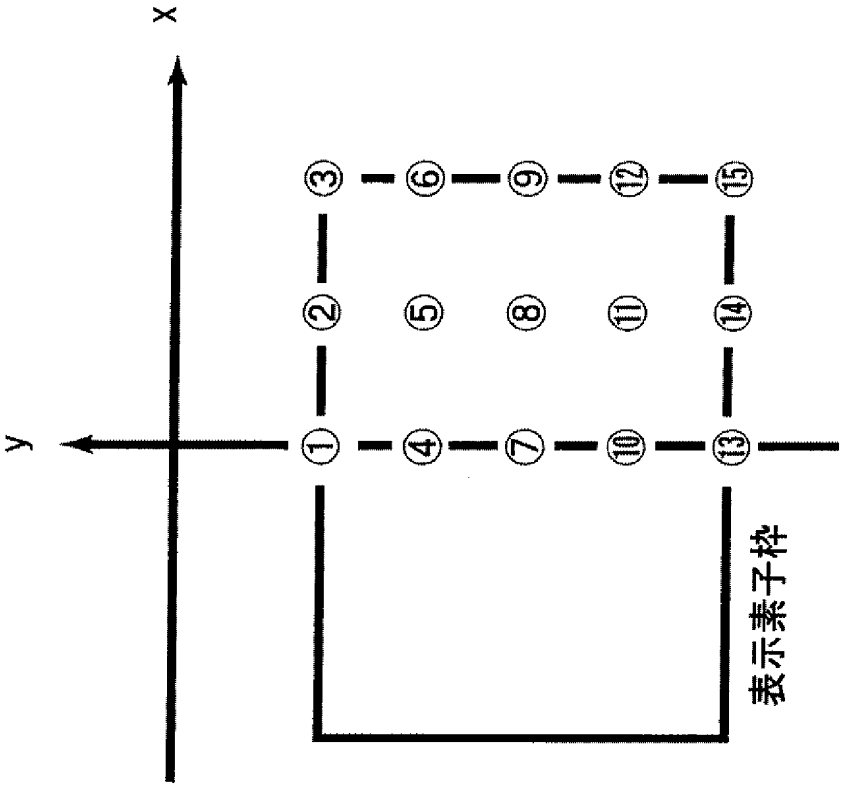
[図37]



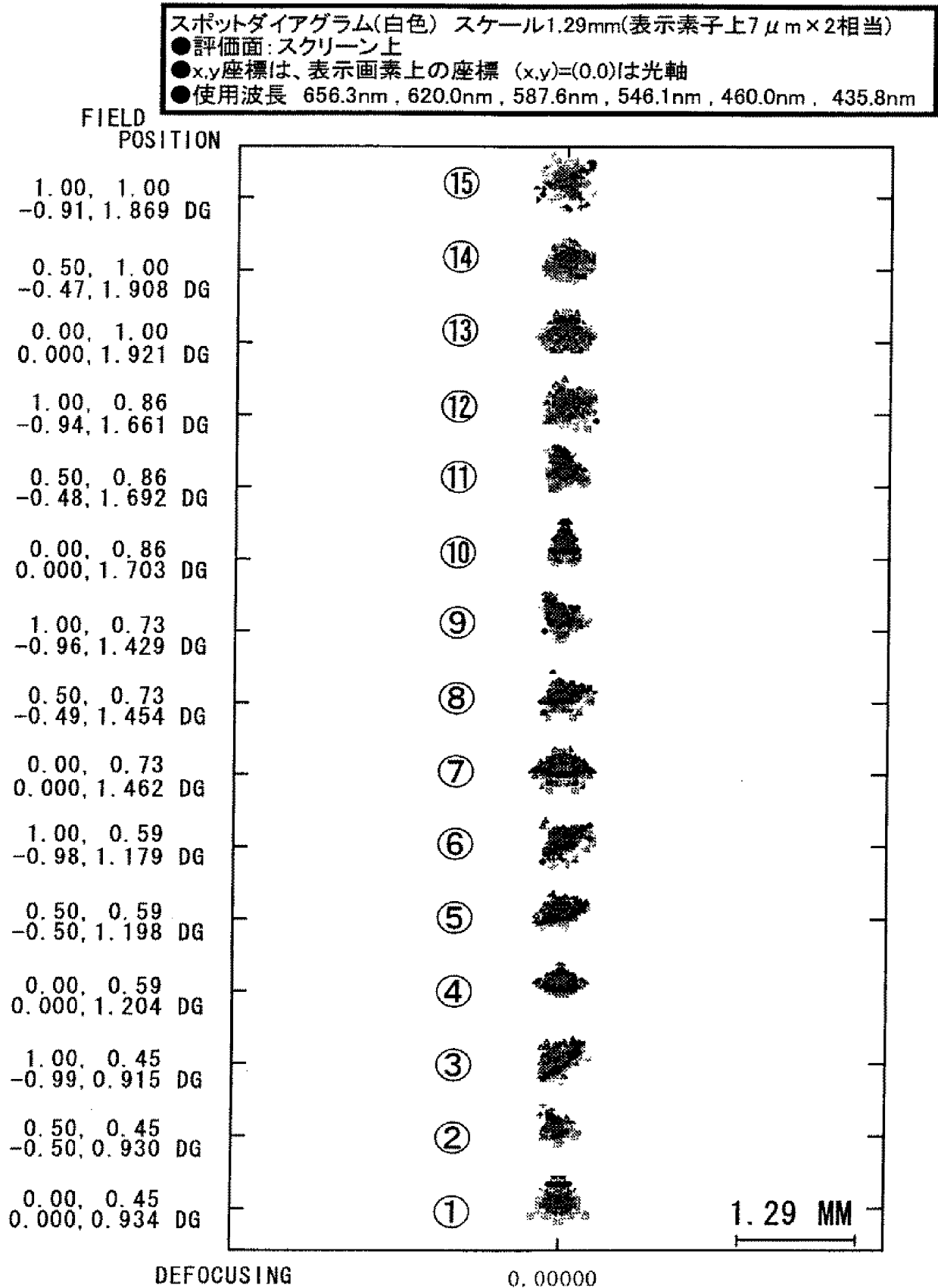
[図38]

表示素子上の座標

	x	y
①	0.00	-6.20
②	3.36	-6.20
③	6.72	-6.20
④	0.00	-8.09
⑤	3.36	-8.09
⑥	6.72	-8.09
⑦	0.00	-9.98
⑧	3.36	-9.98
⑨	6.72	-9.98
⑩	0.00	-11.87
⑪	3.36	-11.87
⑫	6.72	-11.87
⑬	0.00	-13.76
⑭	3.36	-13.76
⑮	6.72	-13.76

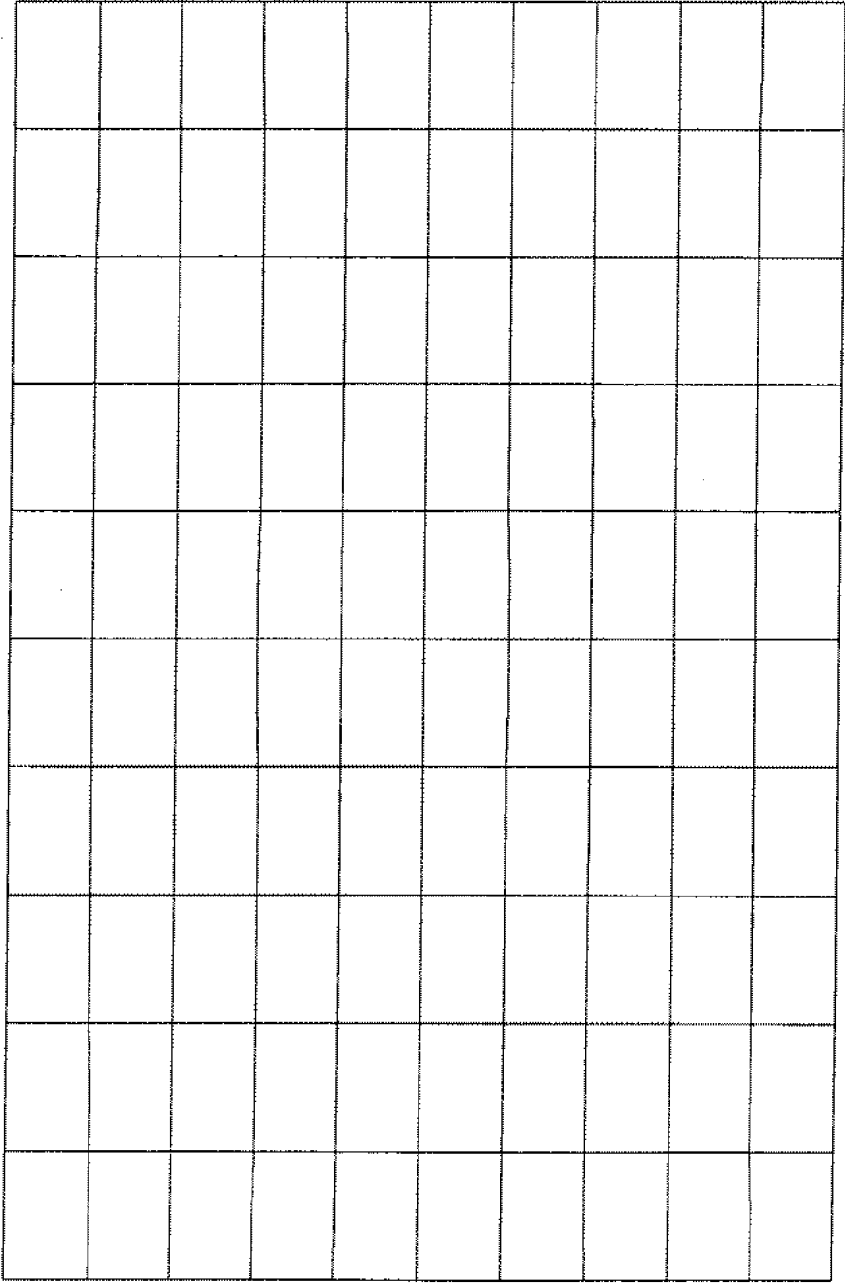


[図39]

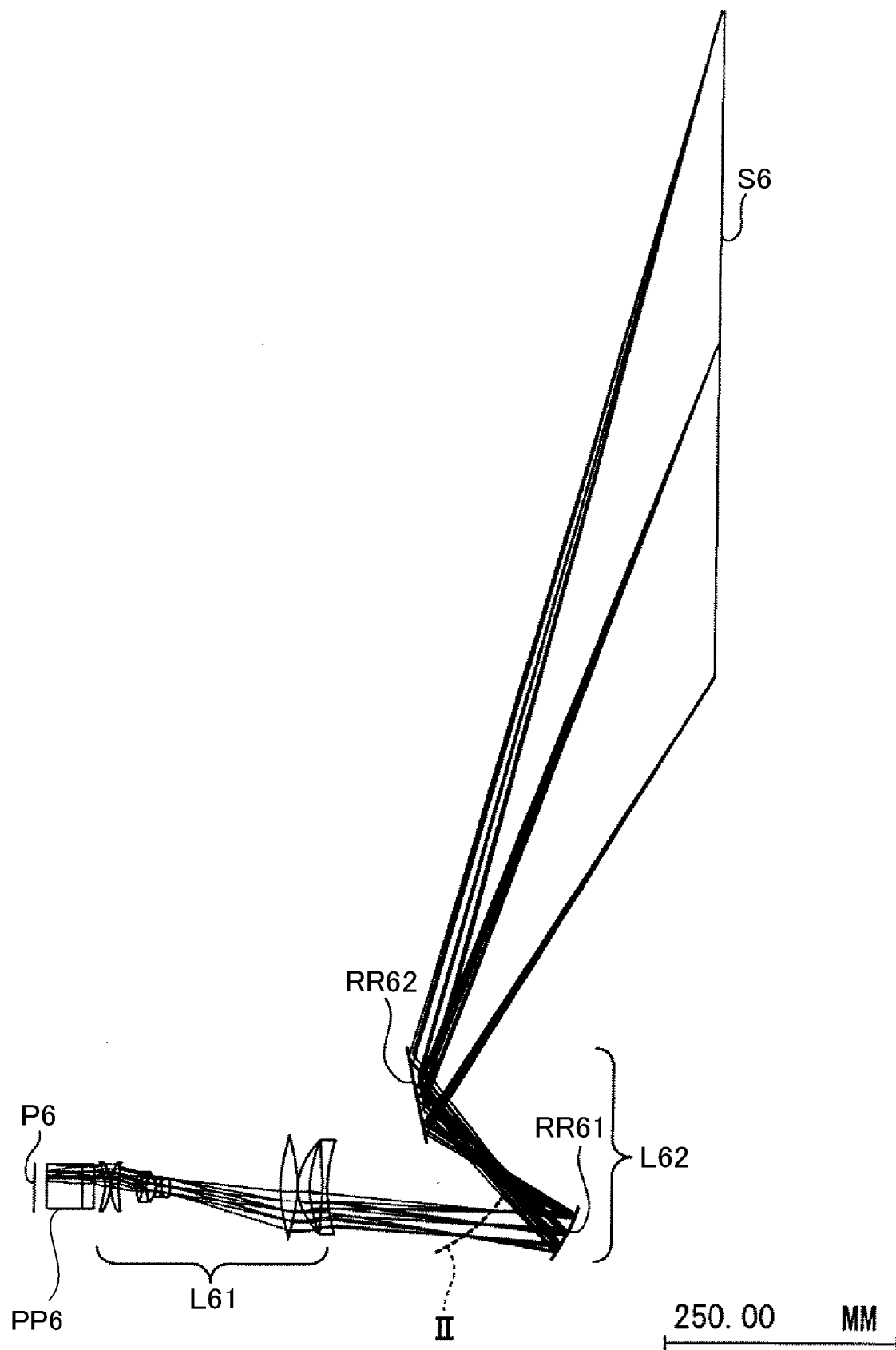


[図40]

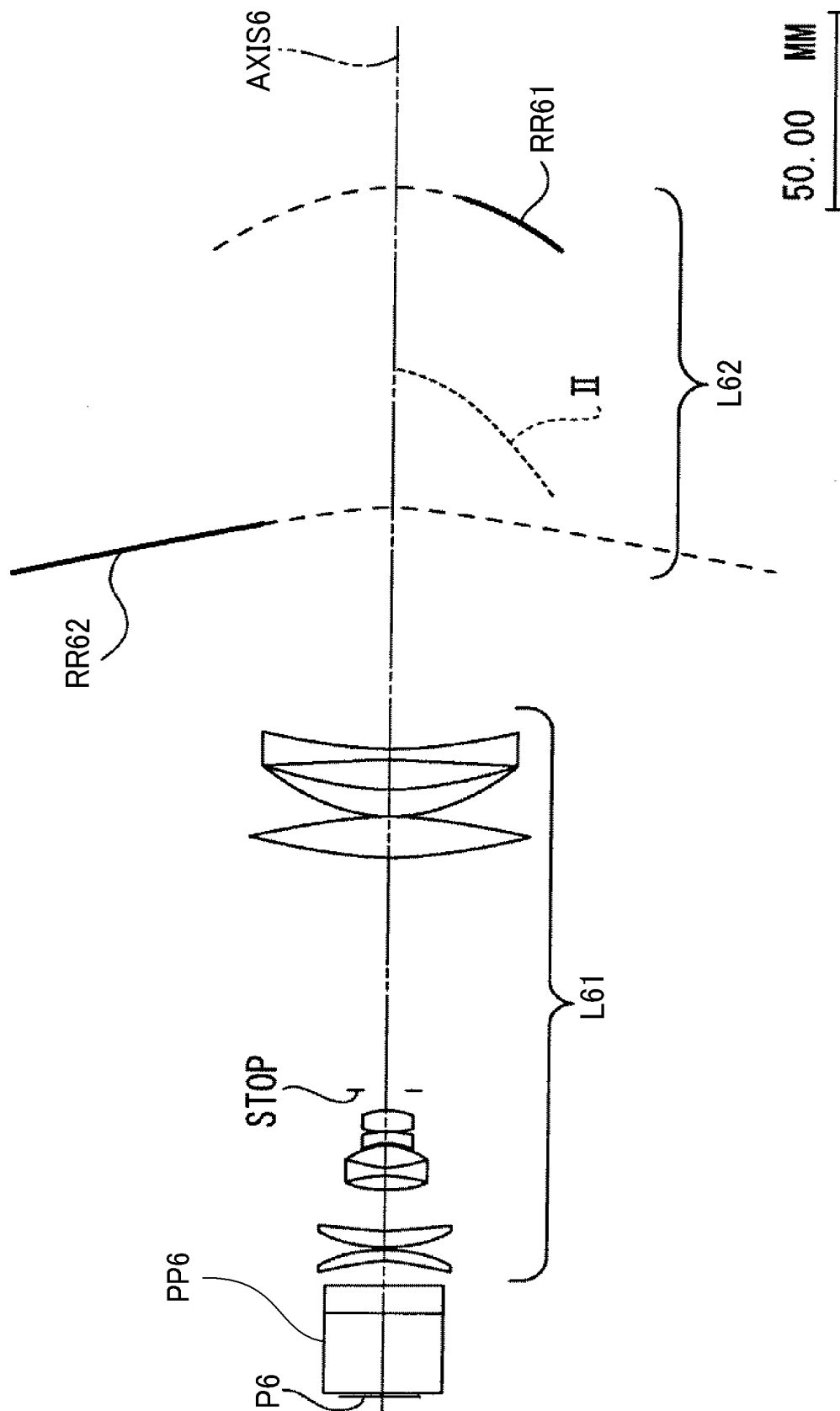
TV歪曲図
●評価面：スクリーン上



[図41]



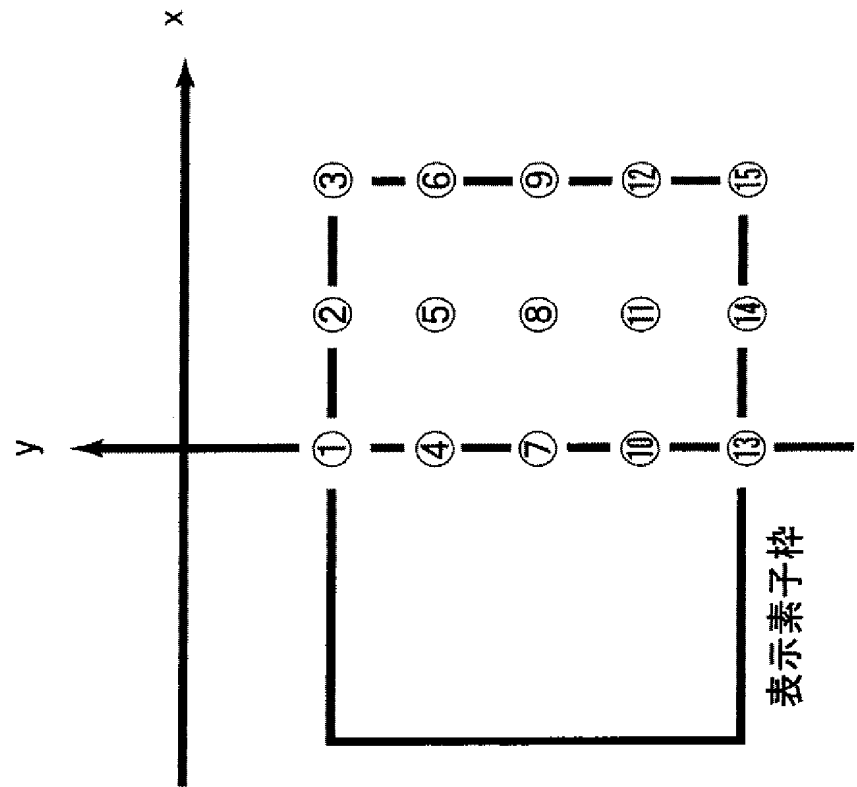
[図42]



[図43]

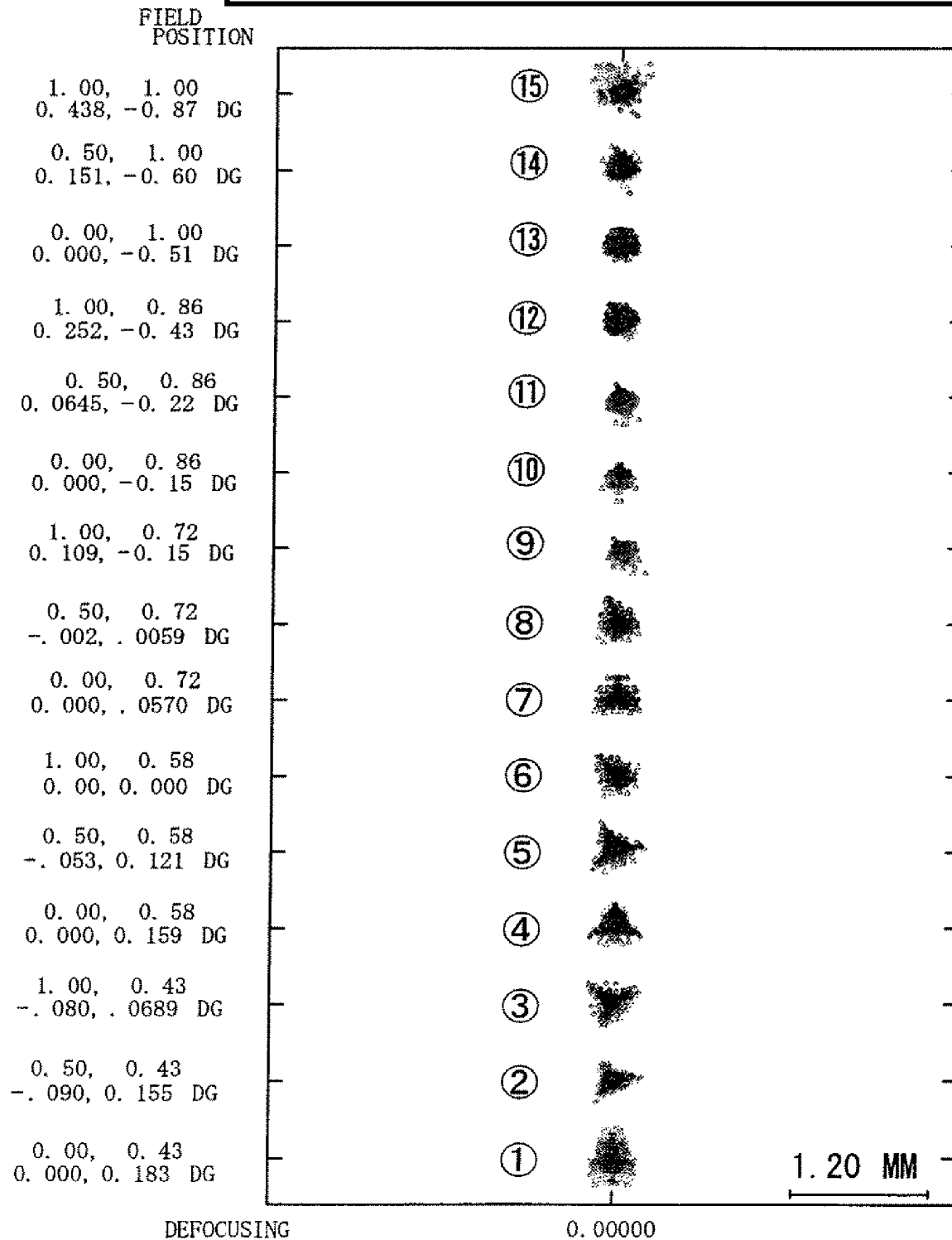
表示素子上の座標

	x	y
①	0.00	-5.81
②	3.38	-5.81
③	6.75	-5.81
④	0.00	-7.71
⑤	3.38	-7.71
⑥	6.75	-7.71
⑦	0.00	-9.61
⑧	3.38	-9.61
⑨	6.75	-9.61
⑩	0.00	-11.87
⑪	3.38	-11.51
⑫	6.75	-11.51
⑬	0.00	-13.41
⑭	3.38	-13.41
⑮	6.75	-13.41



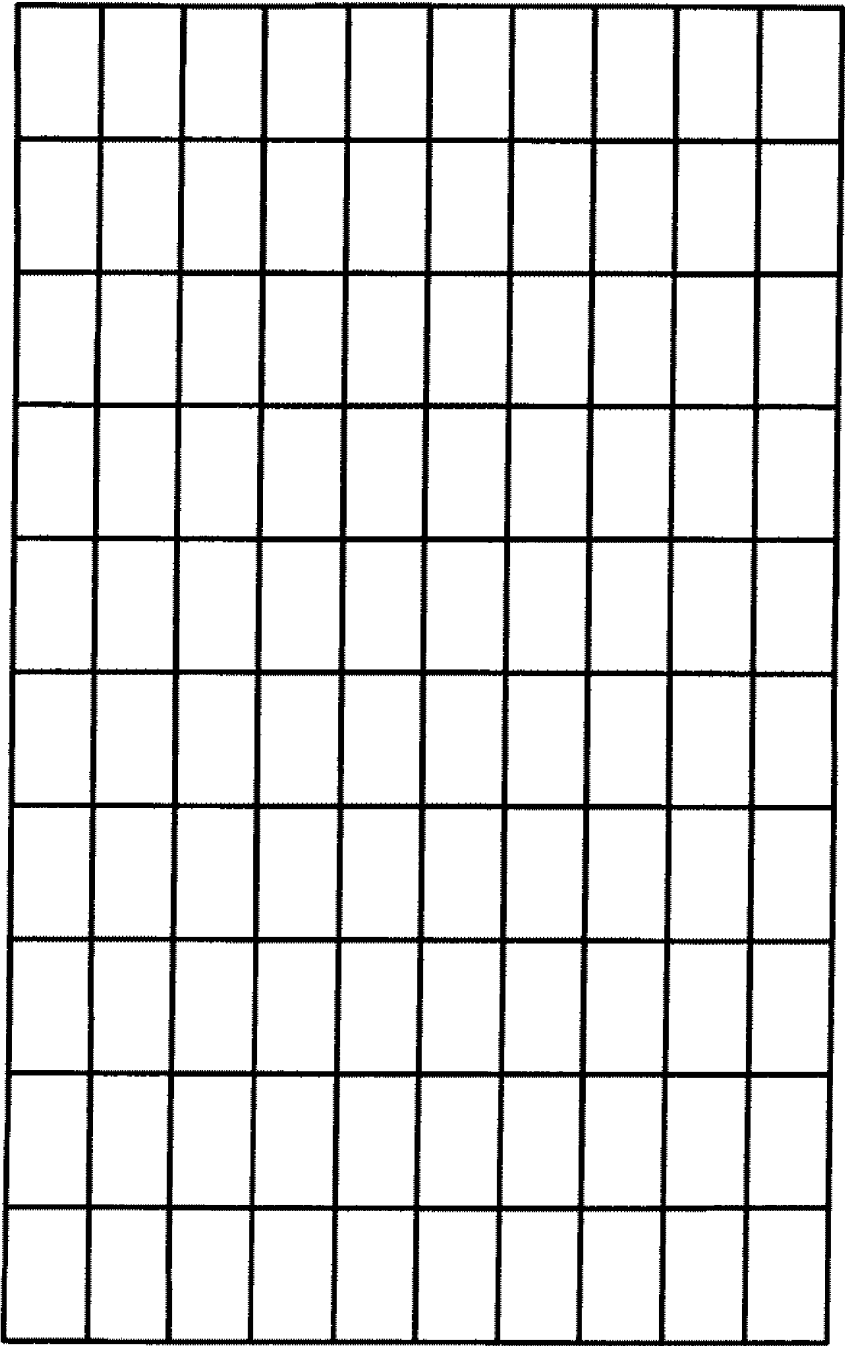
[図44]

スポットダイアグラム(白色) スケール1.2mm(表示素子上7 μ m \times 2相当)
 ●評価面:スクリーン上
 ●x,y座標は、表示画素上の座標 (x,y)=(0,0)は光軸
 ●使用波長 656.3nm, 620.0nm, 587.6nm, 460.0nm, 435.8nm

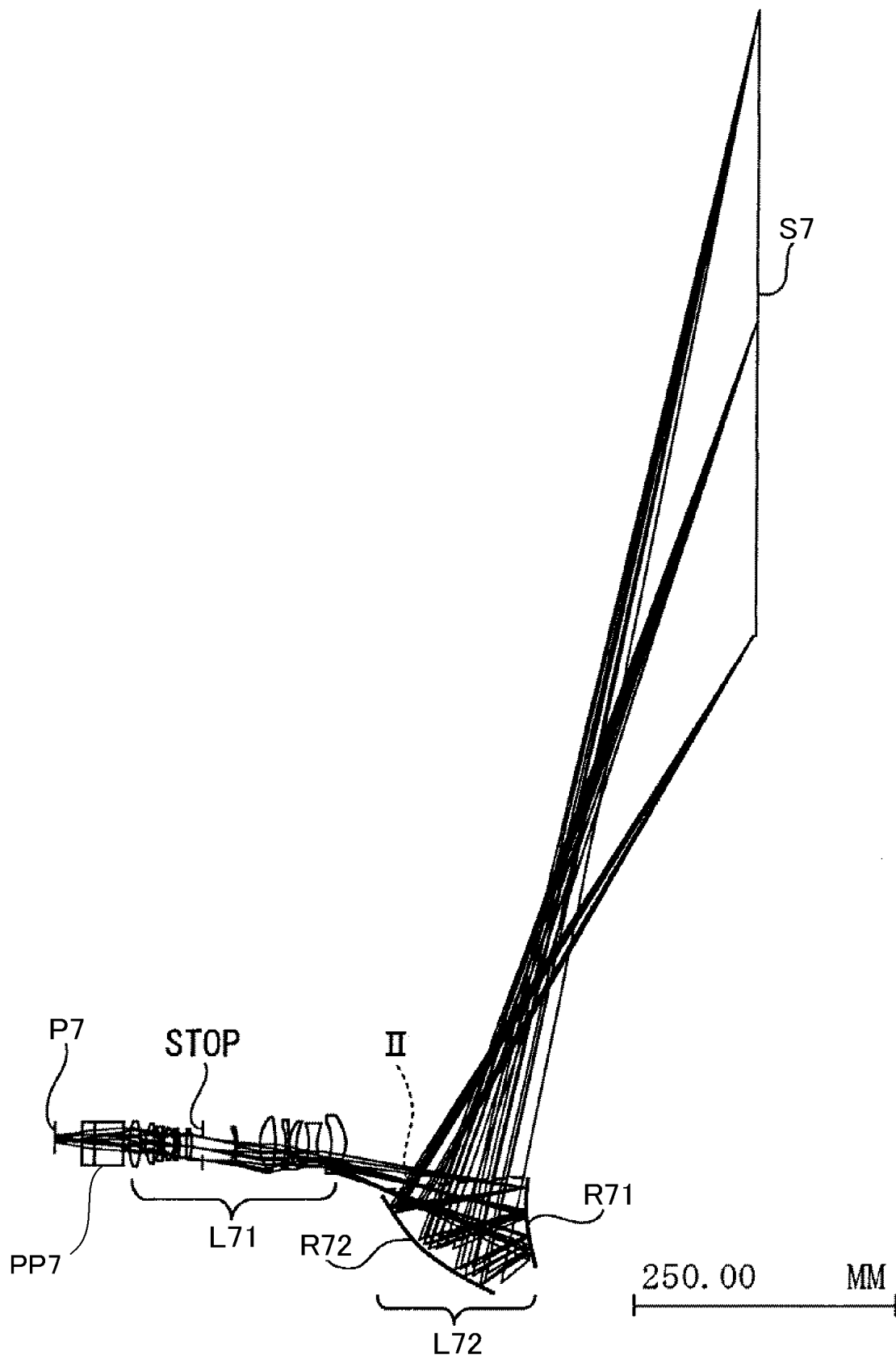


[図45]

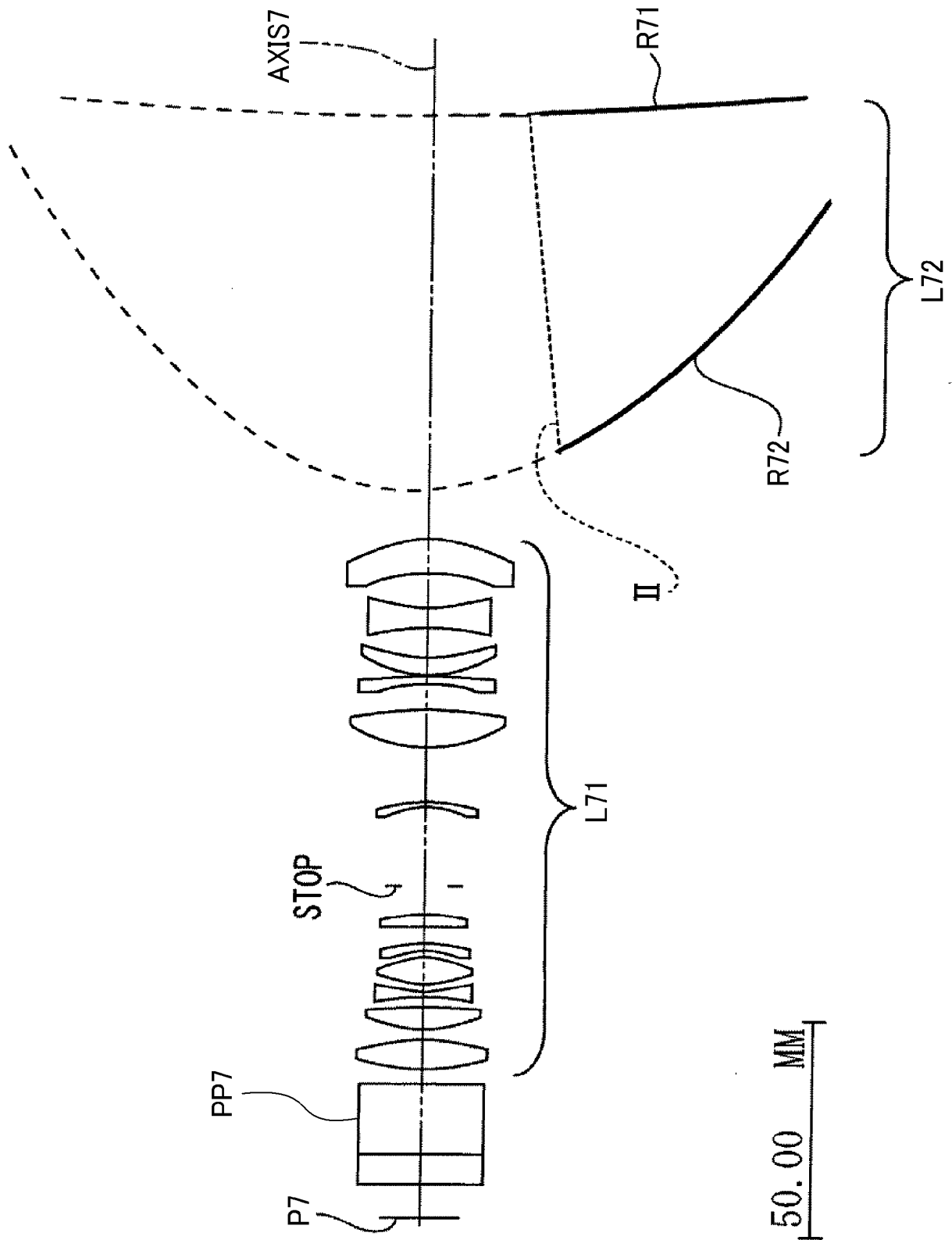
TV歪曲図
●評価面：スクリーン上



[図46]



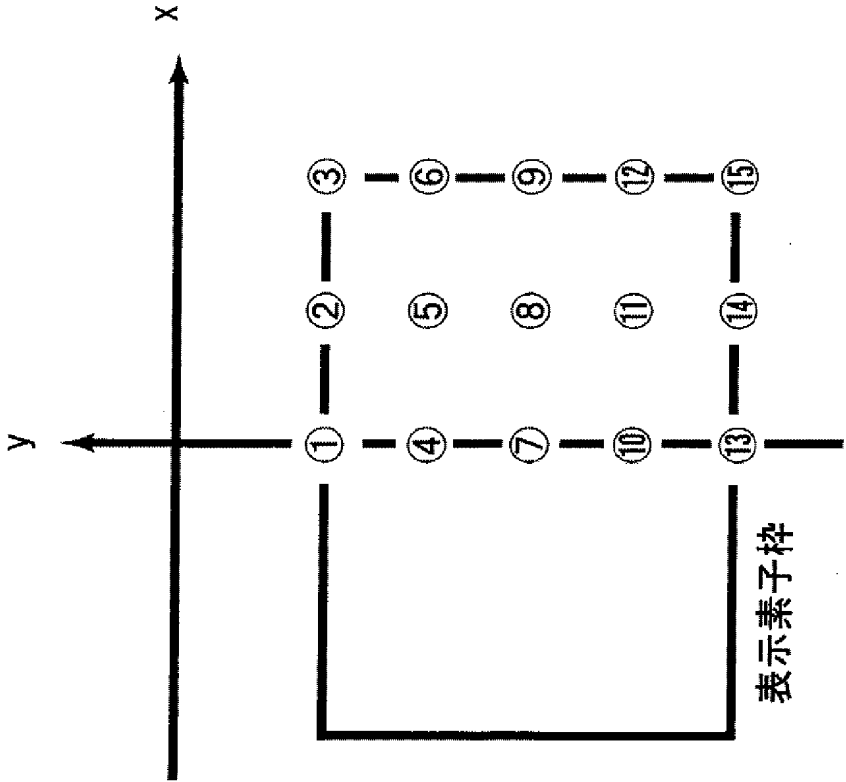
[図47]



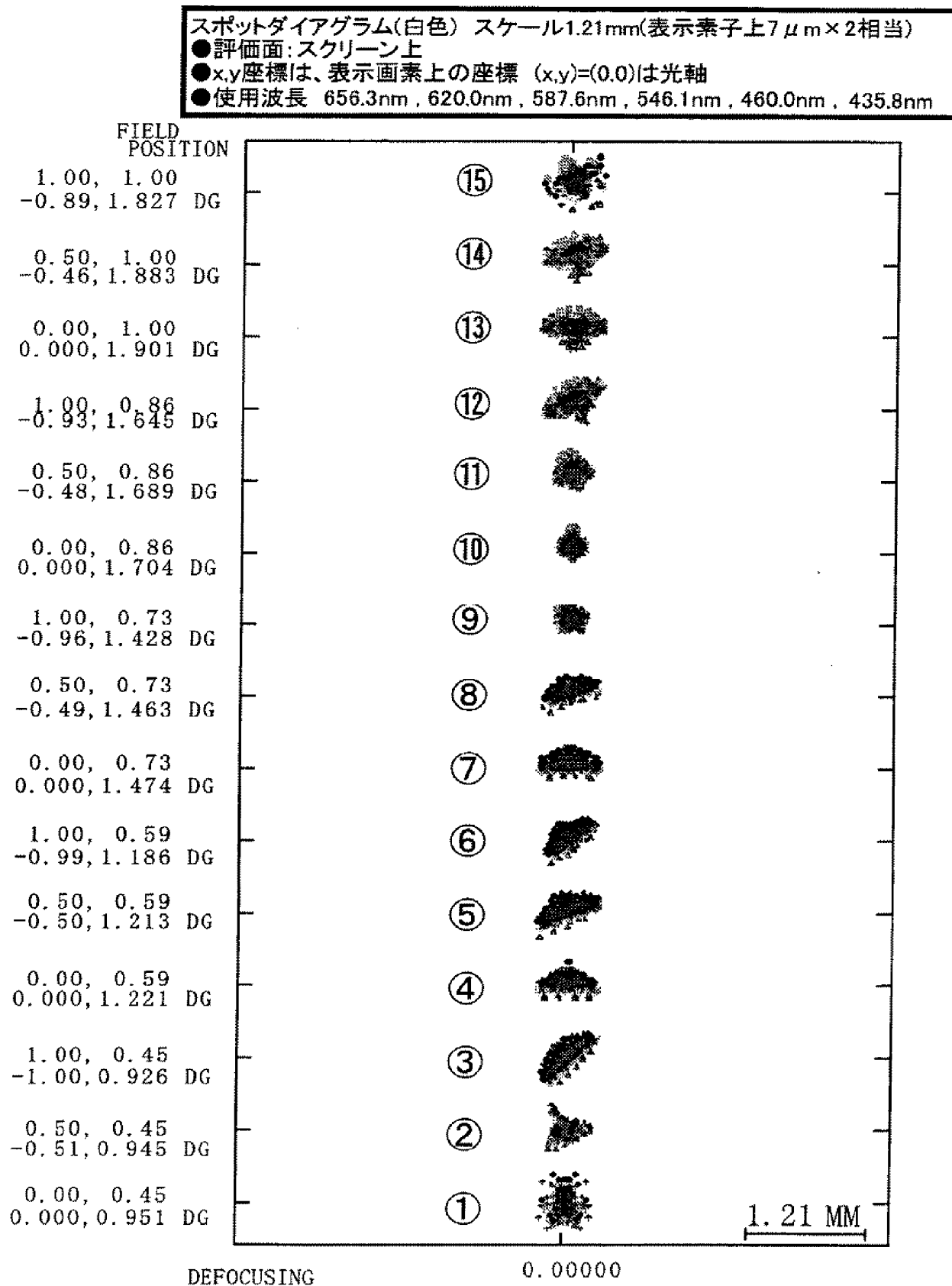
[図48]

表示素子上の座標

	x	y
①	0.00	-6.20
②	3.36	-6.20
③	6.72	-6.20
④	0.00	-8.09
⑤	3.36	-8.09
⑥	6.72	-8.09
⑦	0.00	-9.98
⑧	3.36	-9.98
⑨	6.72	-9.98
⑩	0.00	-11.87
⑪	3.36	-11.87
⑫	6.72	-11.87
⑬	0.00	-13.76
⑭	3.36	-13.76
⑮	6.72	-13.76

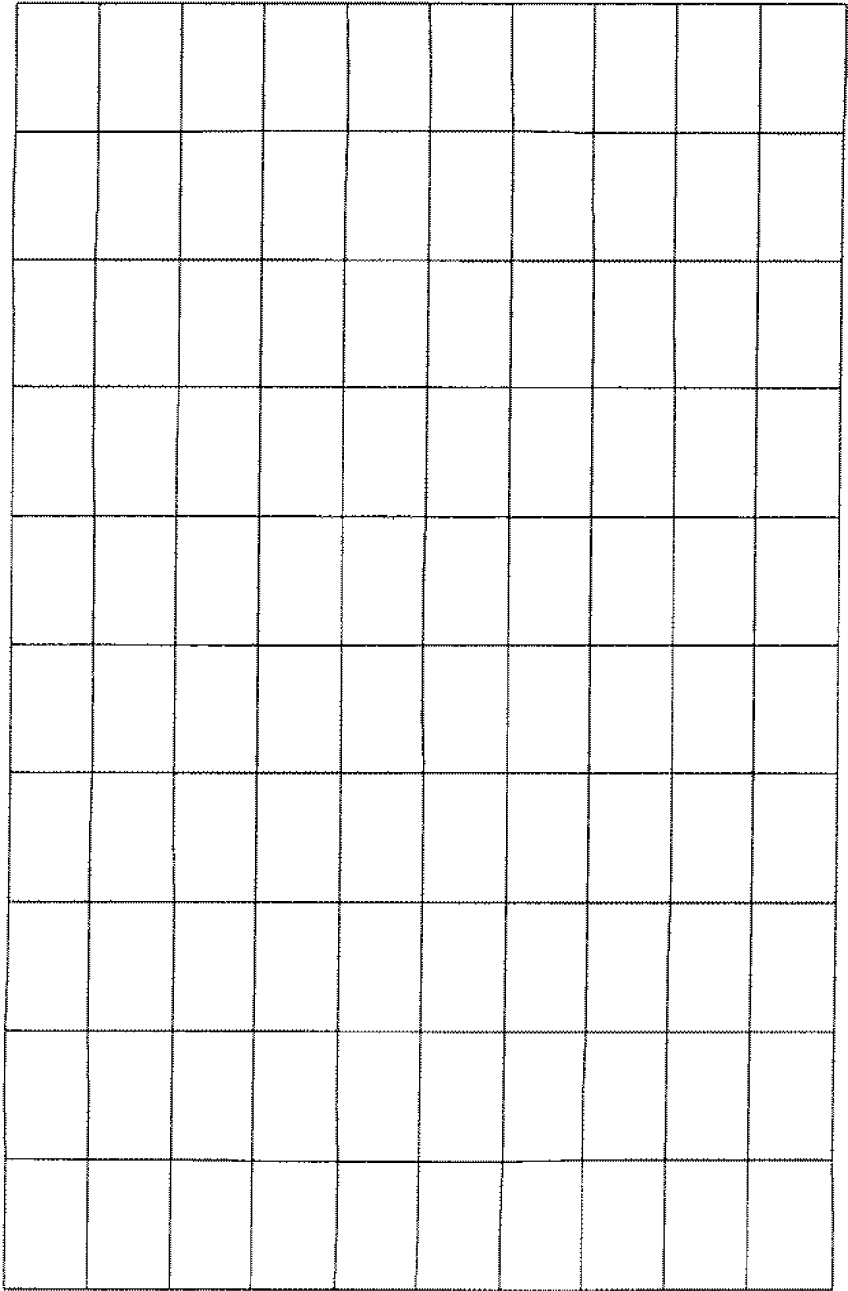


[図49]

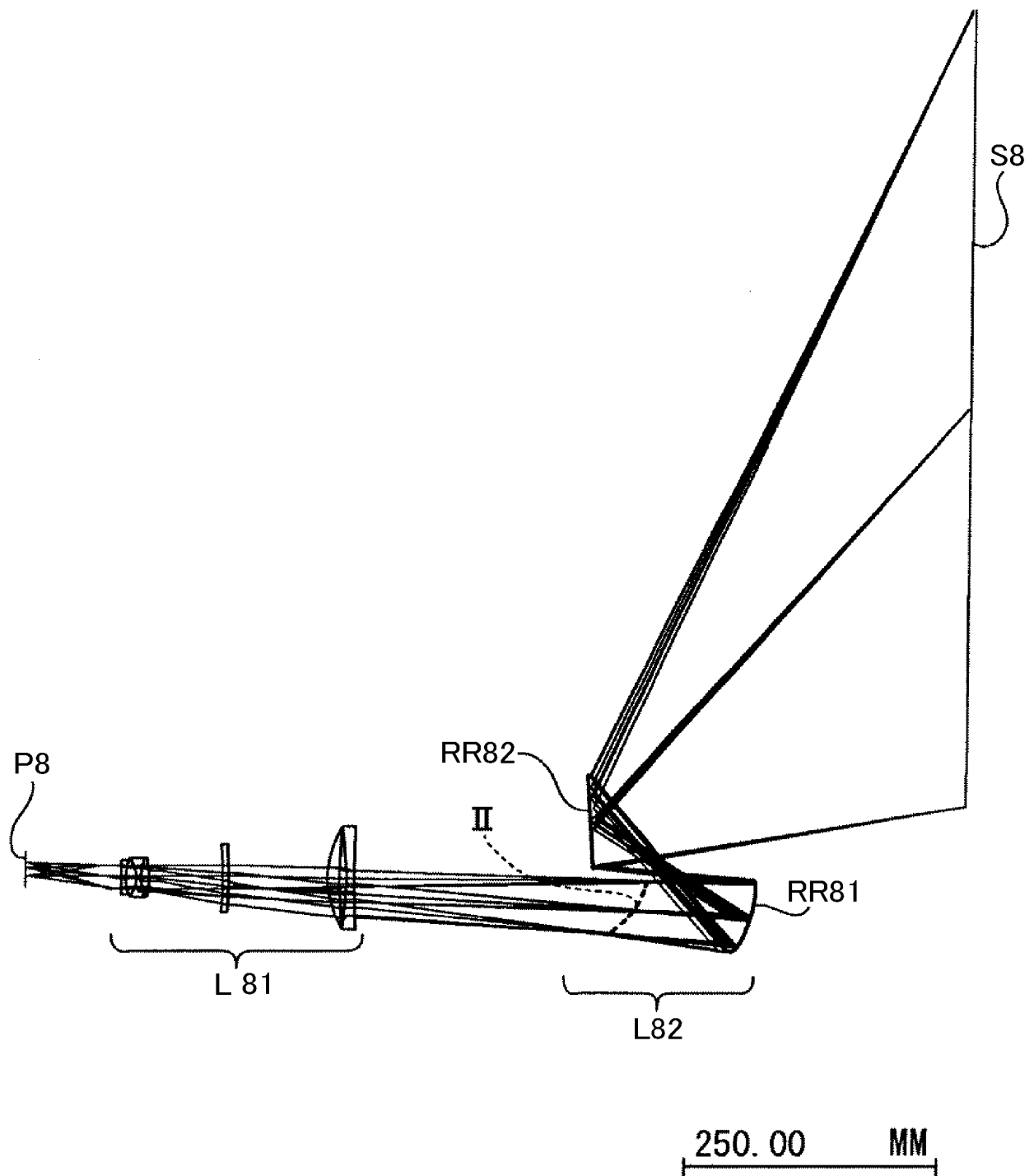


[図50]

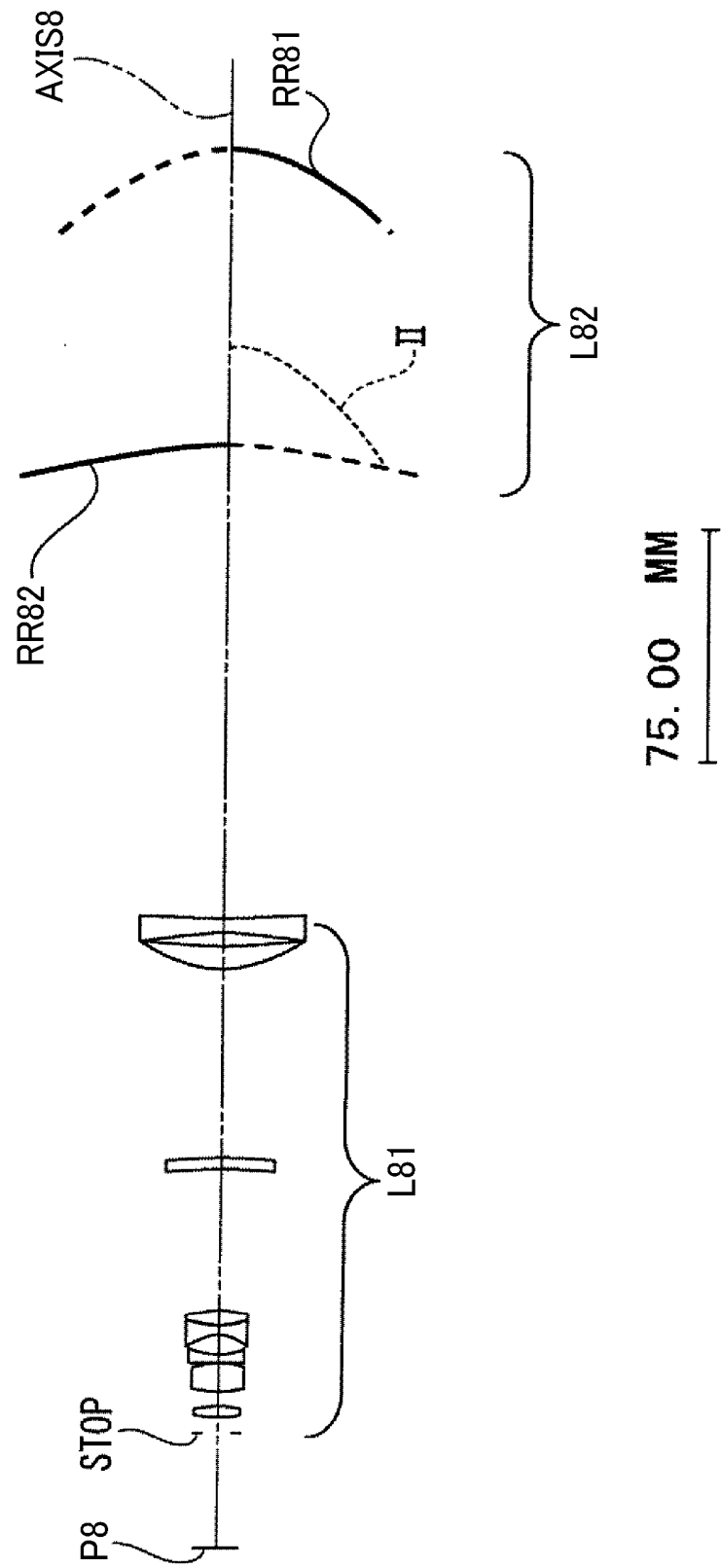
TV歪曲図
●評価面：スクリーン上



[図51]



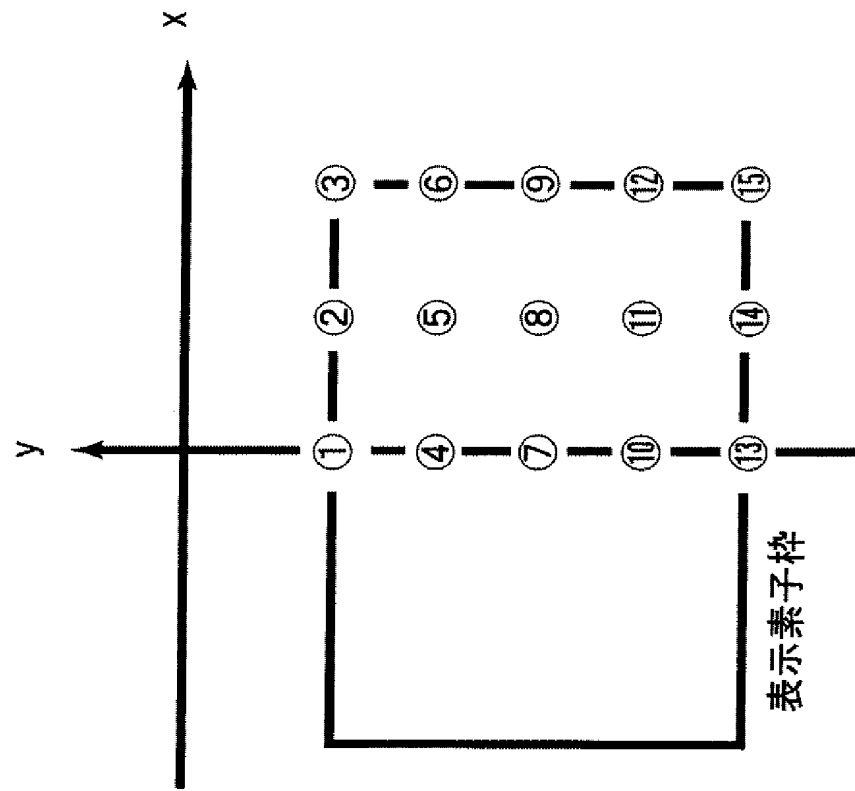
[図52]



[図53]

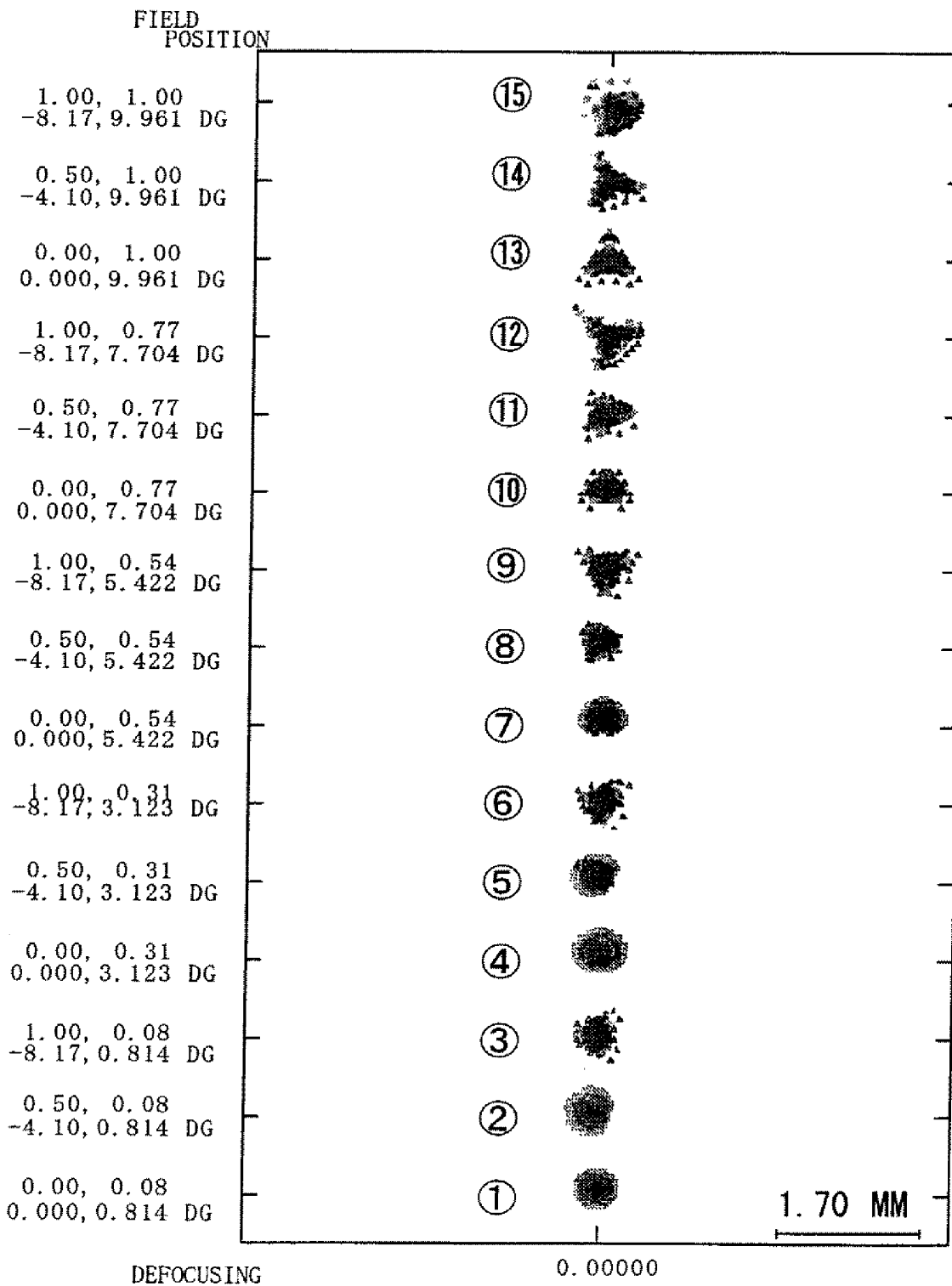
表示素子上の座標

	x	y
①	0.00	-0.77
②	3.87	-0.77
③	7.75	-0.77
④	0.00	-2.95
⑤	3.87	-2.95
⑥	7.75	-2.95
⑦	0.00	-5.13
⑧	3.87	-5.13
⑨	7.75	-5.13
⑩	0.00	-7.30
⑪	3.87	-7.30
⑫	7.75	-7.30
⑬	0.00	-9.48
⑭	3.87	-9.48
⑮	7.75	-9.48



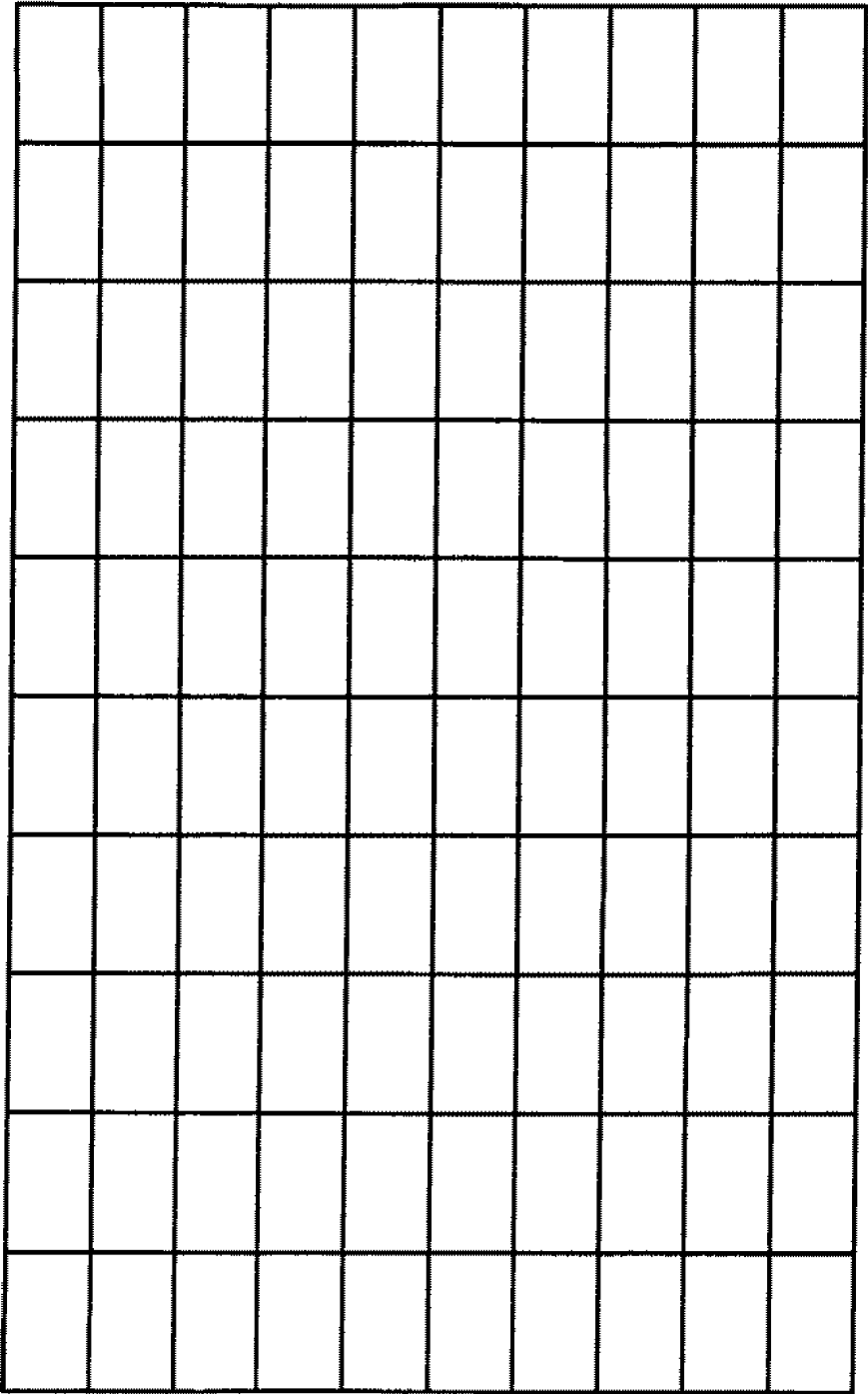
[図54]

スポットダイアグラム(白色) スケール1.7mm(表示素子上12 μ m \times 2相当)
 ●評価面:スクリーン上
 ●x,y座標は、表示画素上の座標 (x,y)=(0,0)は光軸
 ●使用波長 656.3nm, 620.0nm, 587.6nm, 460.0nm, 435.8nm

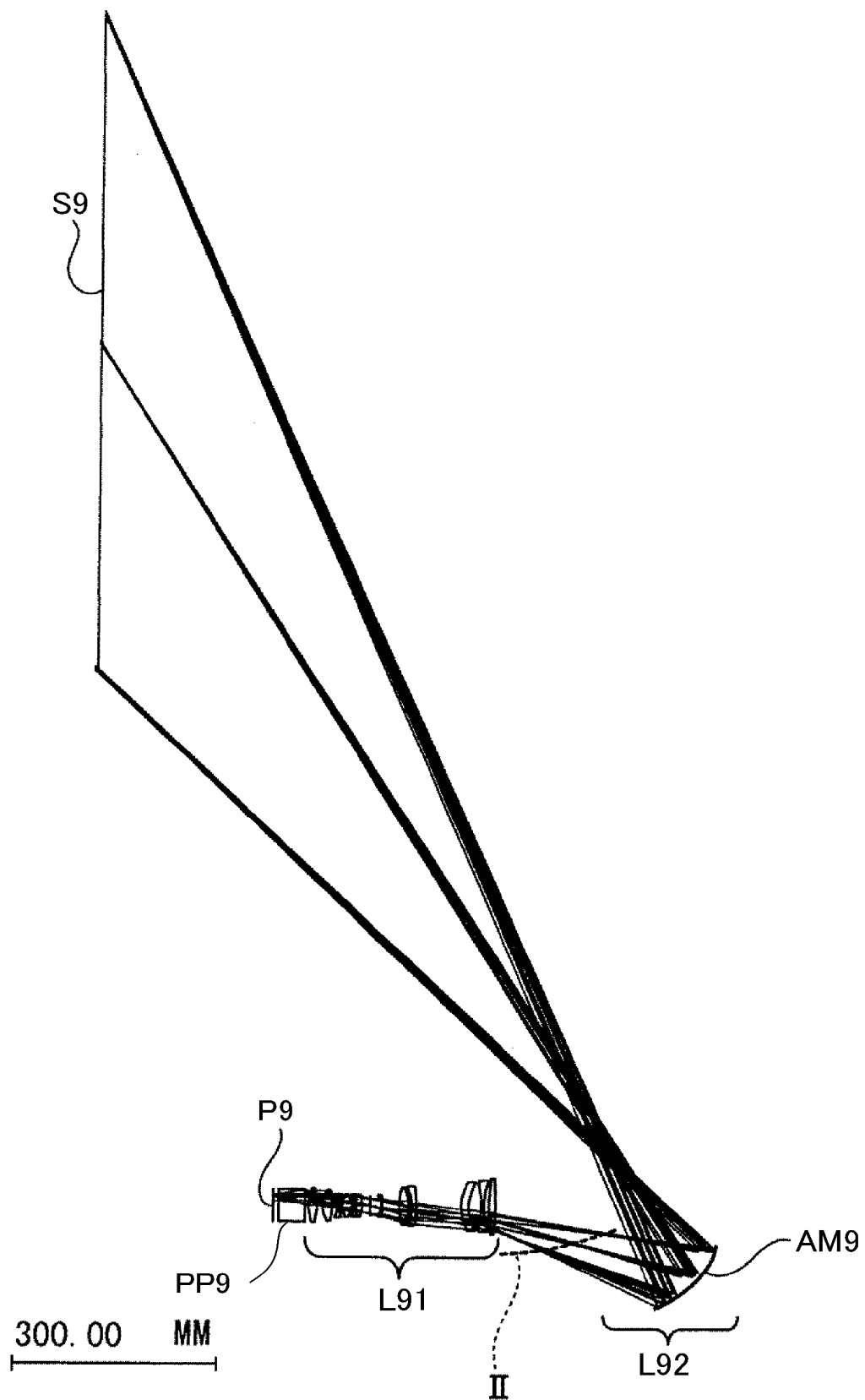


[図55]

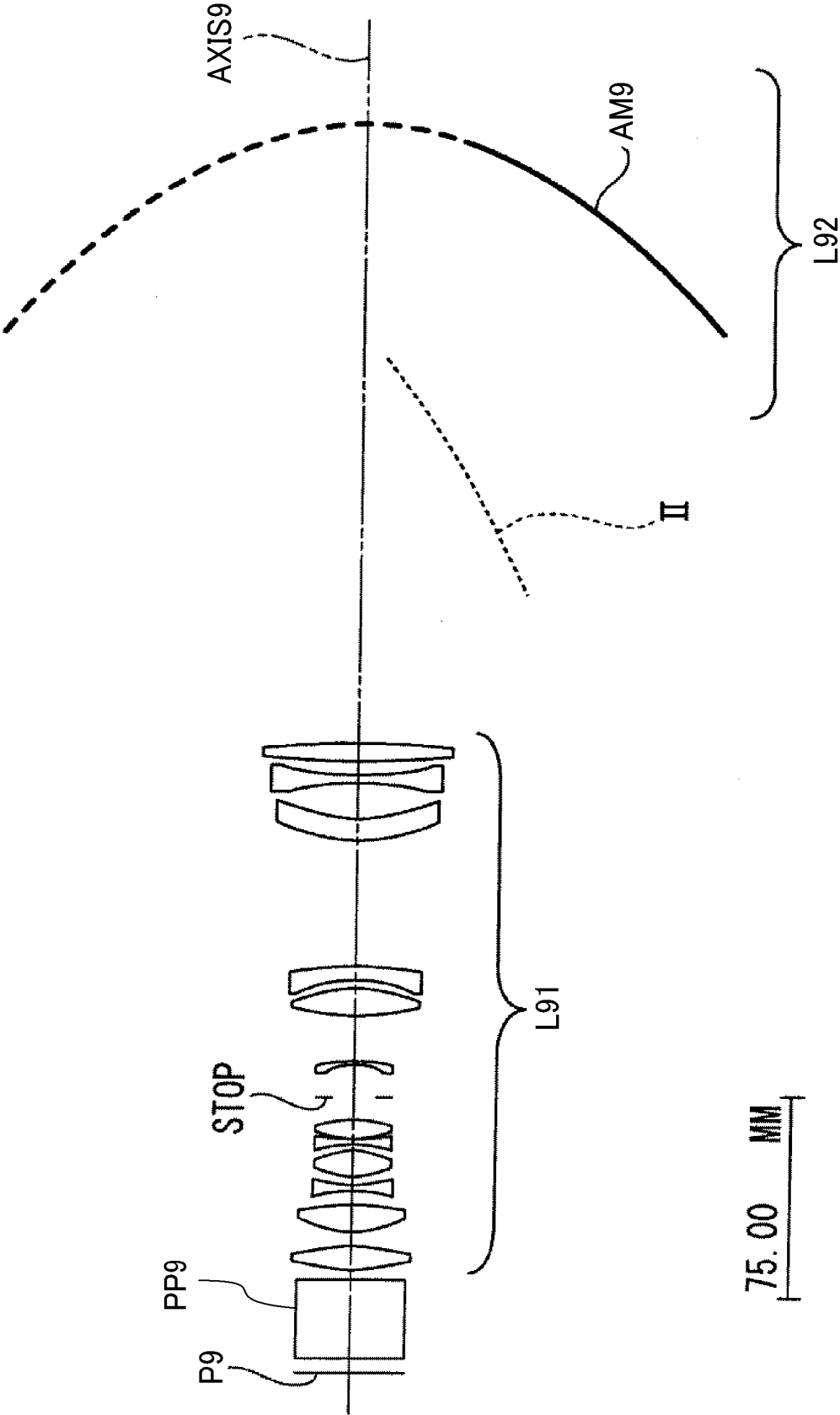
TV歪曲図
●評価面:スクリーン上



[図56]



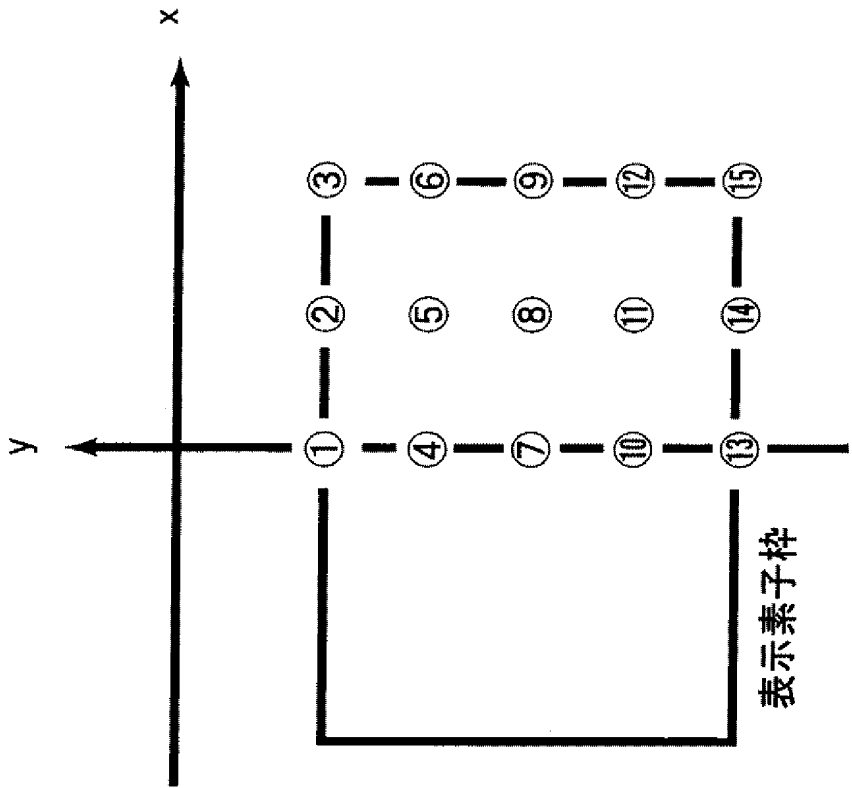
[図57]



[図58]

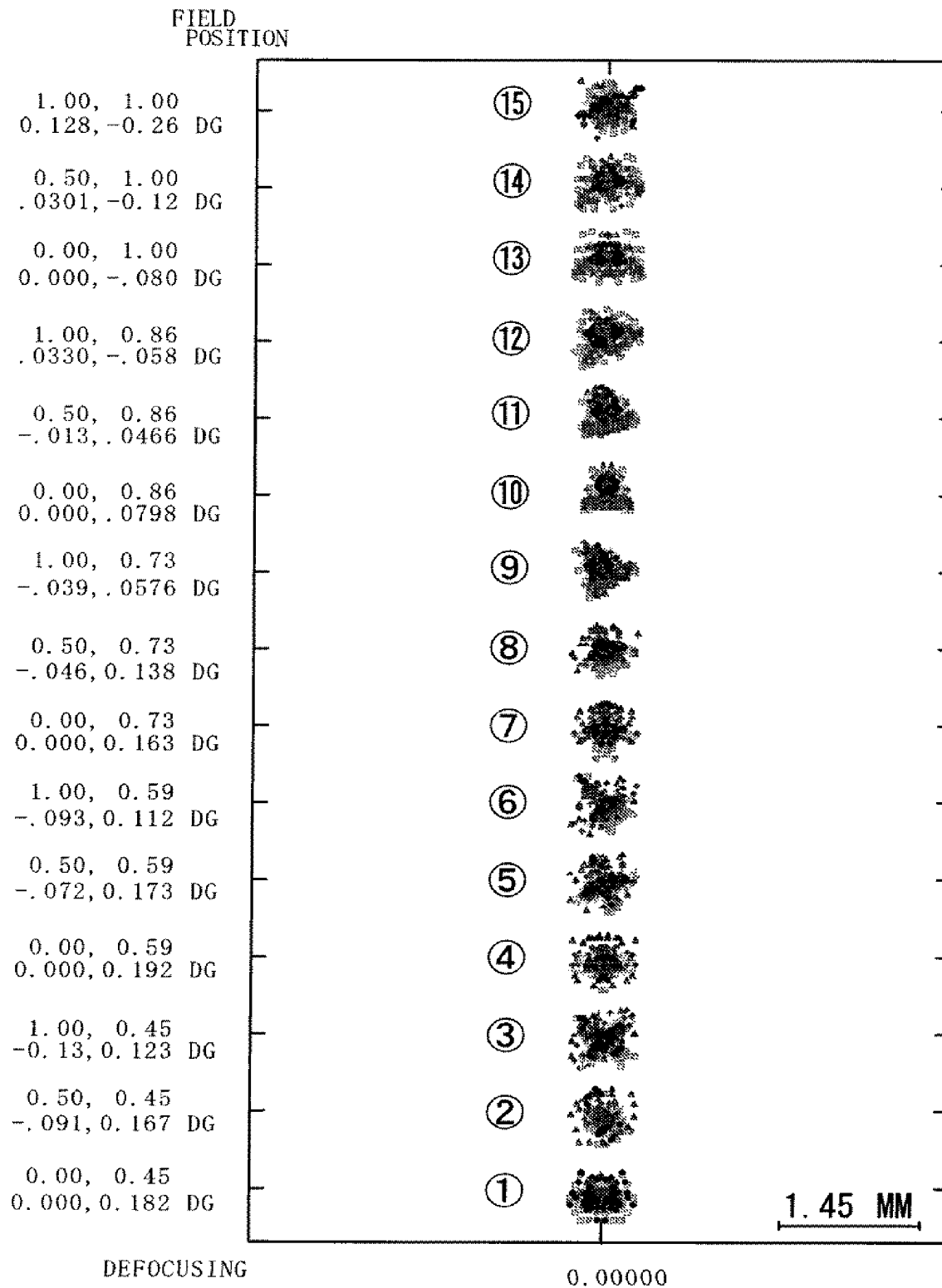
表示素子上の座標

	x	y
①	0.00	-6.20
②	3.36	-6.20
③	6.72	-6.20
④	0.00	-8.09
⑤	3.36	-8.09
⑥	6.72	-8.09
⑦	0.00	-9.98
⑧	3.36	-9.98
⑨	6.72	-9.98
⑩	0.00	-11.87
⑪	3.36	-11.87
⑫	6.72	-11.87
⑬	0.00	-13.76
⑭	3.36	-13.76
⑮	6.72	-13.76



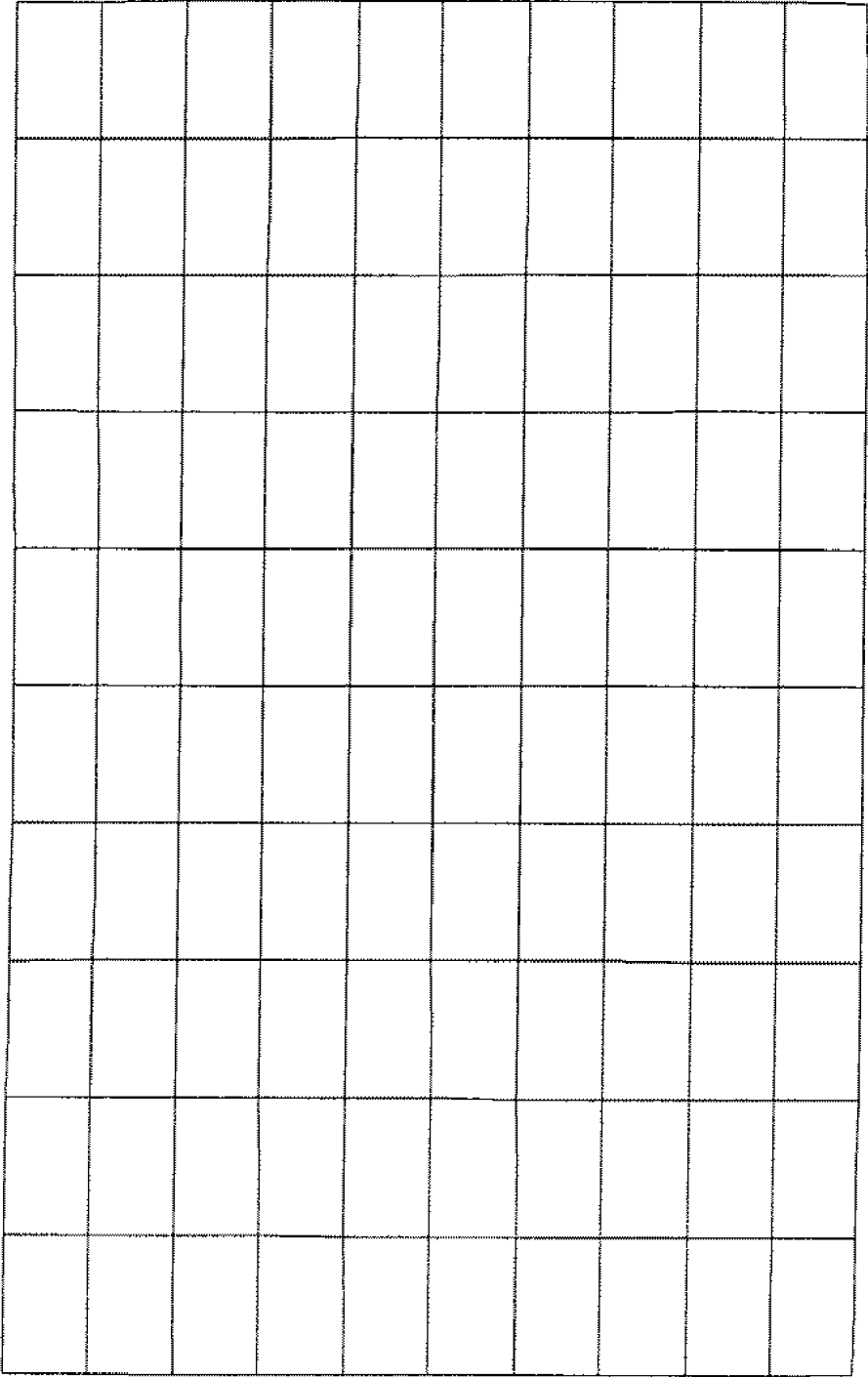
[図59]

スポットダイアグラム(白色) スケール1.45mm(表示素子上 $7\mu\text{m} \times 2$ 相当)
 ●評価面:スクリーン上
 ●x,y座標は、表示画素上の座標 (x,y)=(0.0)は光軸
 ●使用波長 656.3nm, 620.0nm, 587.6nm, 546.1nm, 460.0nm, 435.8nm

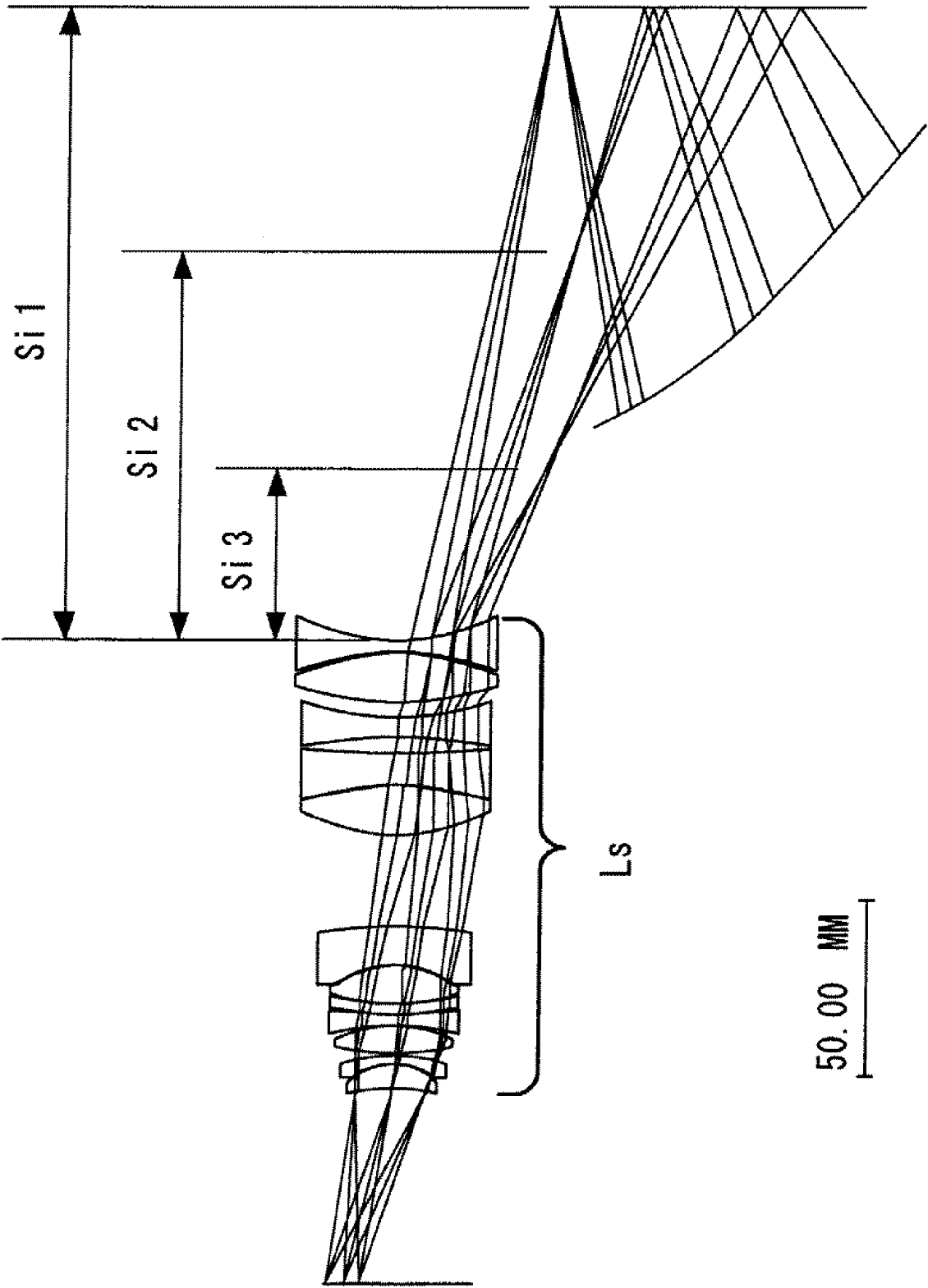


[図60]

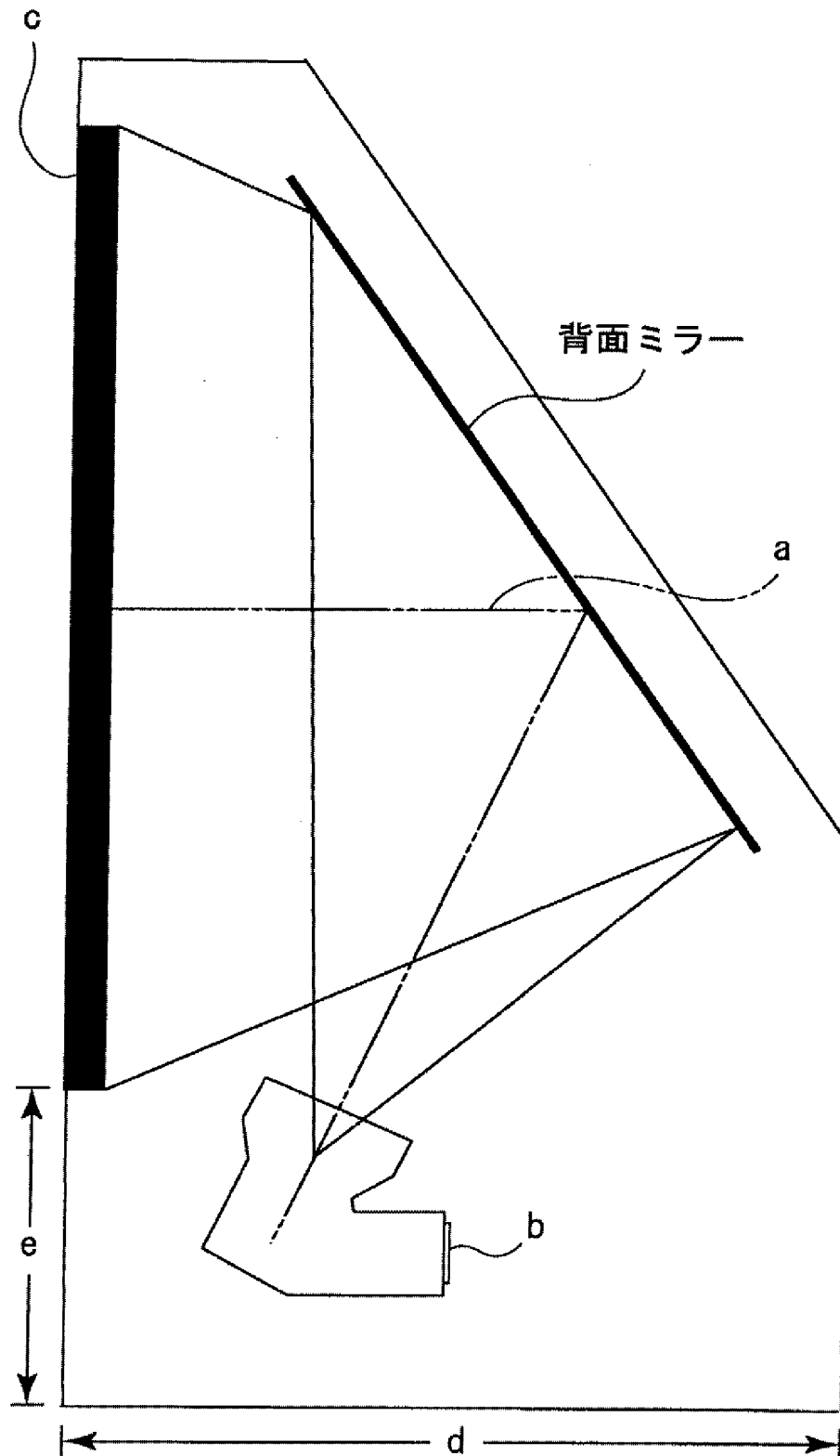
TV歪曲図
●評価面:スクリーン上



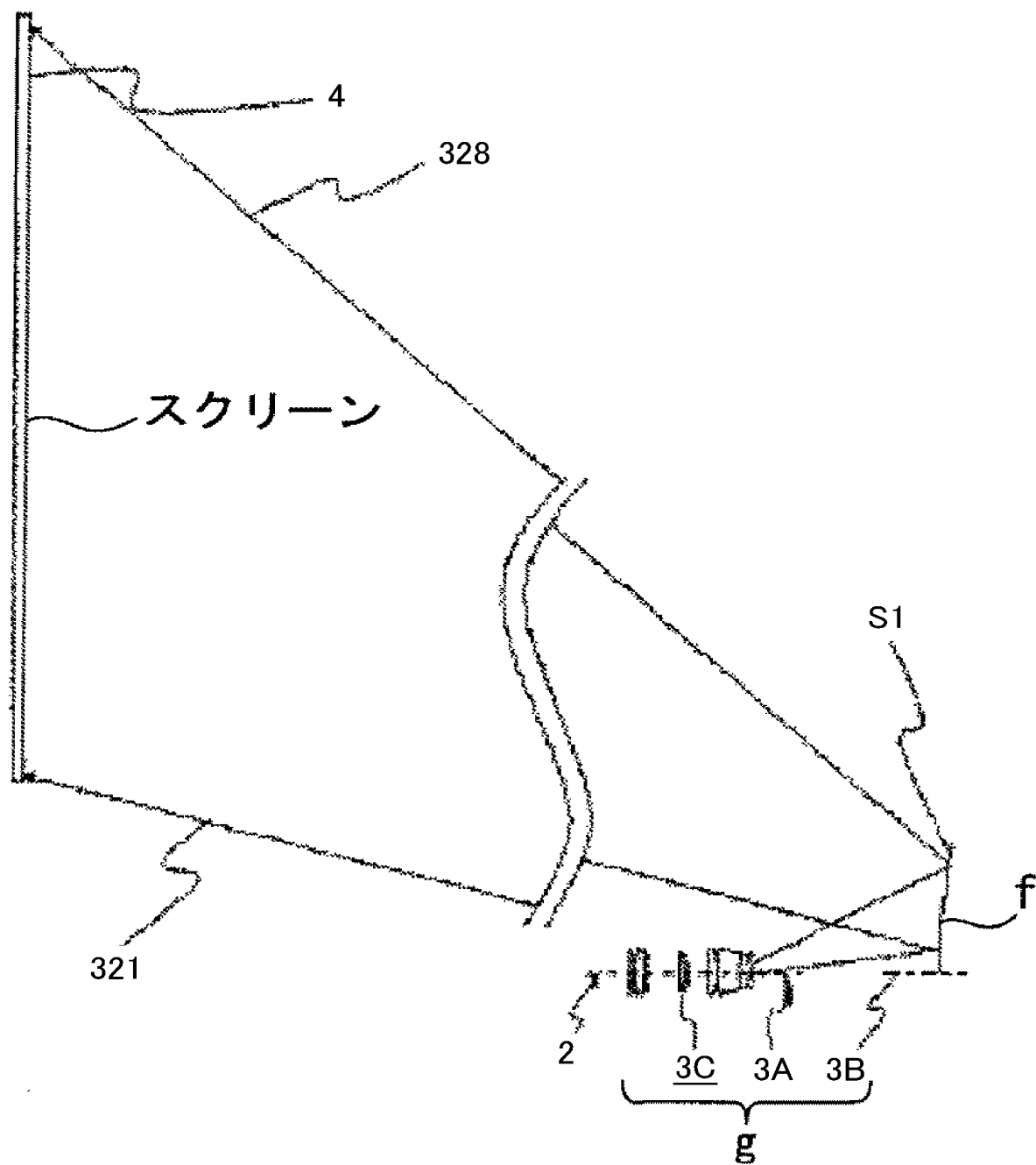
[図61]



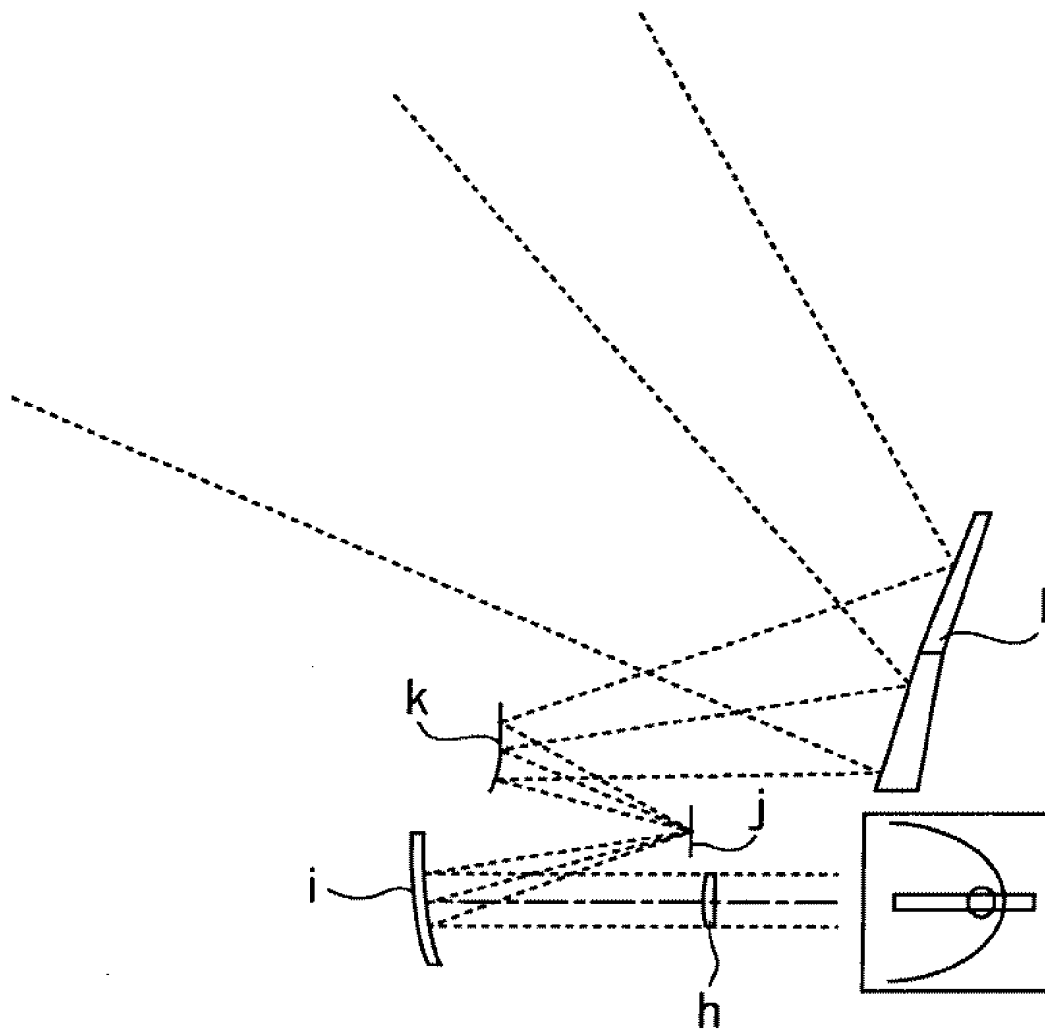
[図62]



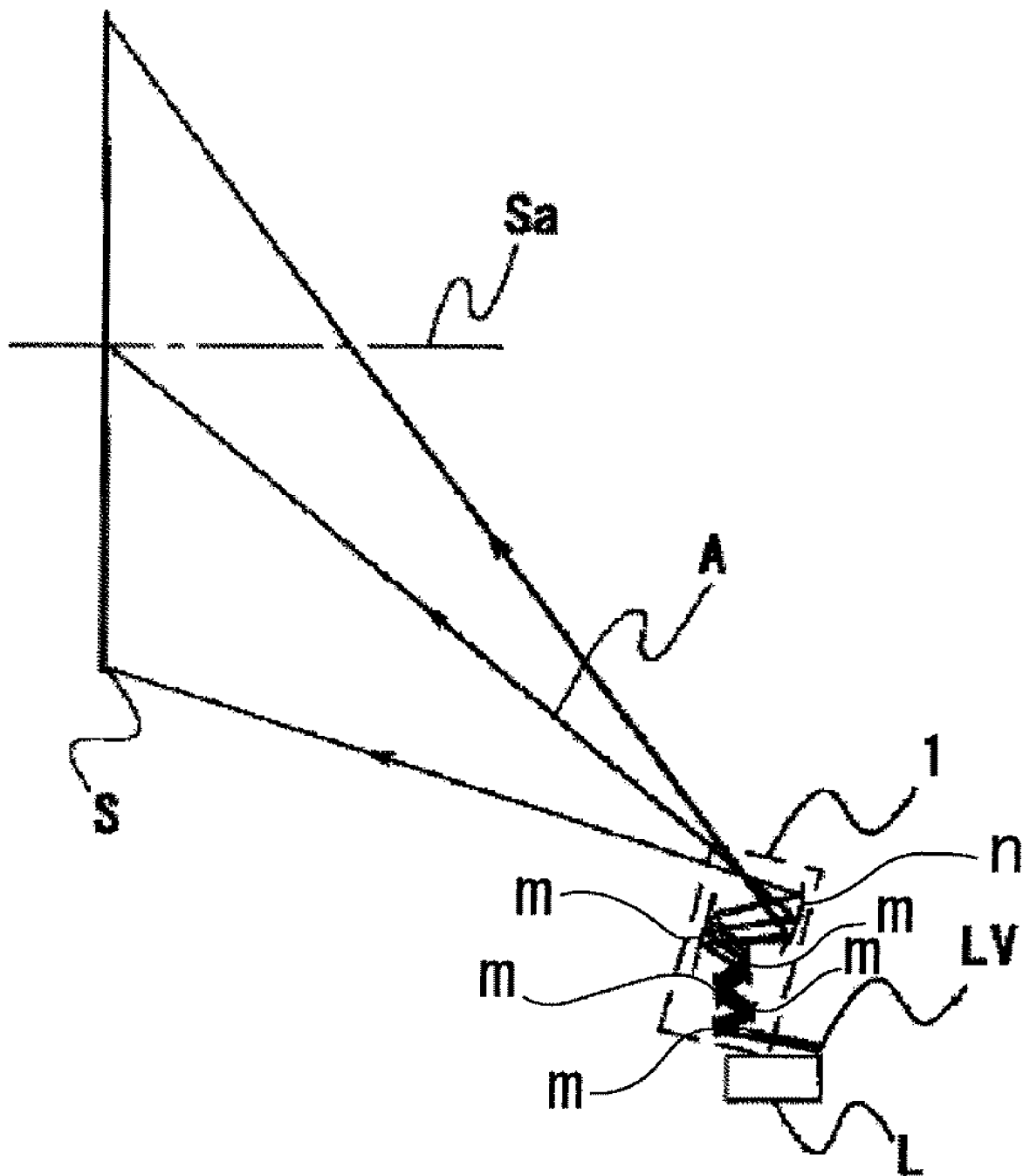
[図63]



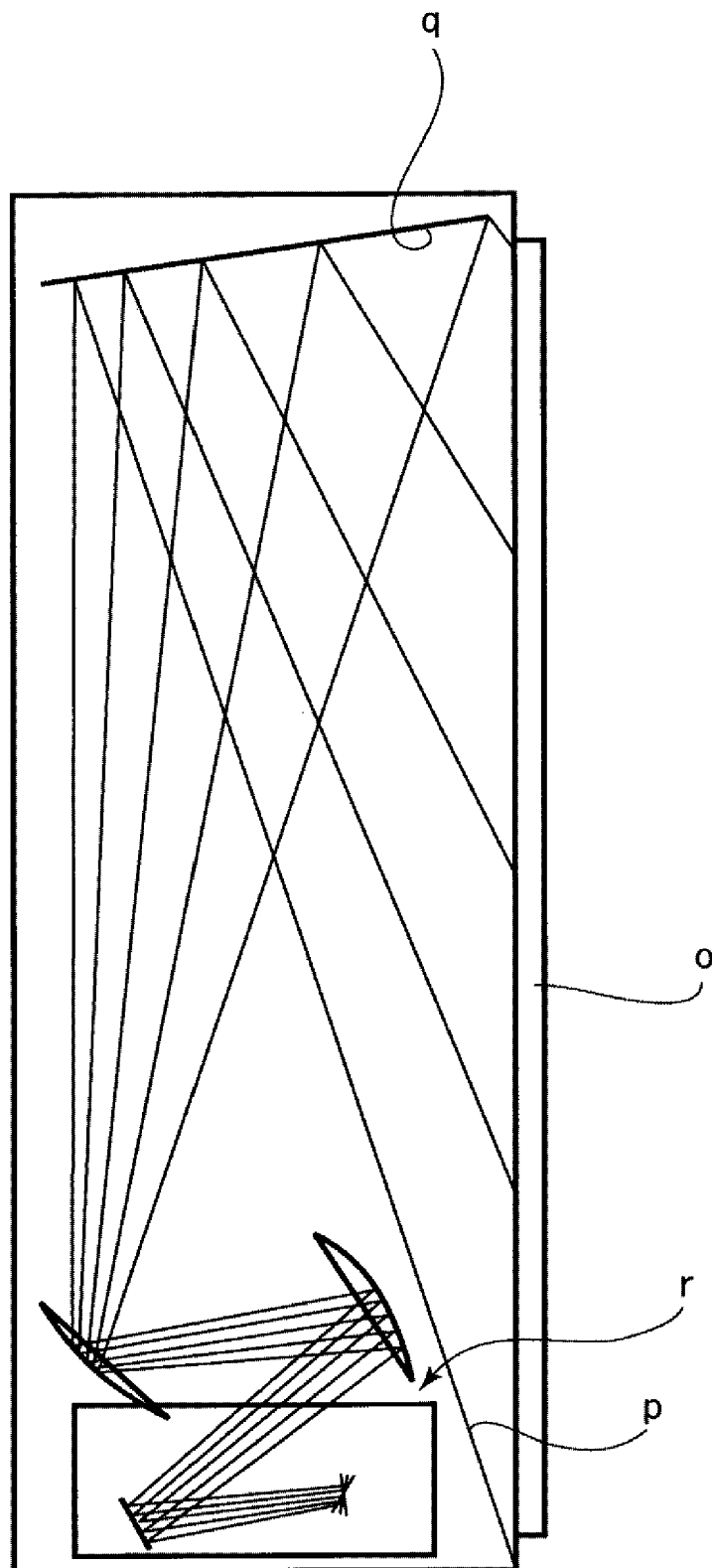
[図64]



[図65]



[[66]]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/019399

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B17/08(2006.01), G03B21/10(2006.01), G03B21/28(2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B17/08(2006.01), G03B21/10(2006.01), G03B21/28(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2004-258620 A (Ricoh Co., Ltd.), 16 September, 2004 (16.09.04), Full text; all drawings & US 2004/0156117 A1	1-6, 9-20 7, 8
A	WO 2001/006295 A1 (Eiki MATSUO), 25 January, 2001 (25.01.01), Full text; all drawings & US 6771427 B1 & EP 1211541 A1	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 January, 2006 (17.01.06)

Date of mailing of the international search report
31 January, 2006 (31.01.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B17/08(2006.01), G03B21/10(2006.01), G03B21/28(2006.01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B17/08(2006.01), G03B21/10(2006.01), G03B21/28(2006.01)

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP 2004-258620 A (株式会社リコー) 2004.09.16, 全文, 全図 & US 2004/0156117 A1	1-6, 9-20 7, 8
A	WO 2001/006295 A1 (松尾栄樹) 2001.01.25, 全文, 全図 & US 6771427 B1 & EP 1211541 A1	1-20

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.01.2006

国際調査報告の発送日

31.01.2006

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山村 浩

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

2V

9219